




OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/> 25652

To cite this version:

Hebrard, Laura . *Prise en charge des nouveau-nés de tortues marines retrouvés blessés ou déformés lors de l'excavation des nids à la Réunion*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2019, 131 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

ANNEE 2019. THESE : 2019 – TOU 3 – 4050

PRISE EN CHARGE DES NOUVEAU-NÉS DE TORTUES MARINES RETROUVÉS BLESSÉS OU DÉFORMÉS LORS DE L'EXCAVATION DES NIDS À LA RÉUNION

THÈSE
Pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Laura HEBRARD
Née, le 02 mai 1993 à AUCH (32)

Directeur de thèse : Mme Alexandra DEVIERS

JURY

PRÉSIDENT :
M. Gérard CAMPISTRON

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESSEURS :
Mme Alexandra DEVIERS
M. Guillaume LE LOC'H

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur par intérim : Frédéric Bousquet

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1^o CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 2^o CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAÎTRES DE CONFÉRENCES HORS CLASSE

Mise à jour au 01/09/2019

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
- Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophtalmologie vétérinaire et comparée*
- Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie - Analgésie*
- Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
- Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
- Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*
- Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
- M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales réglementées*
- Mme **WARET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS

- M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- M. **LEYNAUD Vincent**, *Médecine interne*
- Mme **ROBIN Marie-Claire**, *Ophtalmologie*
- M. **TOUITOU Florent**, *Alimentation animale*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*
- M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*
- M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
- M. **LESUEUR Jérémy**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*

REMERCIEMENTS

À Monsieur le Professeur Gérard CAMPISTRON,

Professeur des Universités,

Praticien hospitalier

Physiologie –Hématologie

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse.

Remerciements et hommages respectueux.

A Madame le Docteur Alexandra DEVIERS,

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Anatomie-Imagerie Médicale

Pour m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse, pour votre encadrement, vos conseils, votre disponibilité et votre sympathie tout au long de ces années d'études et de thèse.

Merci de m'avoir fait confiance pour ce projet, veuillez accepter mes plus sincères remerciements et mon profond respect.

A Monsieur le Docteur Guillaume LE LOC'H,

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Nouveaux animaux de compagnie et faune sauvage

Qui a accepté de m'aider dans ce travail et de prendre part à ce jury de thèse.

Sincères remerciements.

A Monsieur Stéphane CICCIONE,

Directeur de Kélonia,

Pour m'avoir permis de réaliser ce projet et m'avoir accueilli au sein de Kélonia.

Merci pour votre bienveillance, vos conseils et le partage d'expérience.

A Monsieur Mathieu BARRET,

Responsable du Centre de soins de Kélonia,

Pour m'avoir épaulé durant ces trois mois de stage et durant la rédaction de ce travail.

Merci d'avoir choisi ma candidature et de m'avoir donné ce sujet fascinant.

Merci pour tes conseils, ton partage d'expérience et ton amitié.

A Madame Claire JEAN,

A Madame Alice CARPENTIER,

A Monsieur le Docteur Mayeul DALLEAU,

Un grand merci pour votre disponibilité, votre sympathie et votre implication dans ce travail.

A Monsieur le Docteur Francis SCHNEIDER,

Vétérinaire de Kélonia,

Merci pour votre encadrement, vos conseils et votre partage d'expérience.

Sincères remerciements.

A l'ensemble de l'équipe du centre de soins, de Kélonia et du CEDTM,

Pour m'avoir encouragé dans ce projet et pour votre accueil exceptionnel.

Pour votre amitié et votre bonne humeur.

Merci d'avoir rendu ce séjour au sein de Kélonia et à la Réunion inoubliable.

A ma famille et mes amis,

Merci d'avoir toujours cru en moi. Je vous aime.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	7
TABLE DES MATIERES	9
LISTE DES ABREVIATIONS	1
LISTE DES FIGURES	2
LISTE DES TABLEAUX	4
INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE.....	9
I. LA BIOLOGIE DES TORTUES MARINES	10
I.1. <i>Classification des tortues marines</i>	10
I.2. <i>Le cycle biologique général des tortues marines</i>	10
I.2.1. Phase d'incubation ou stade œuf.....	11
I.2.2. Stade nouveau-né	12
I.2.3. Stade juvénile	12
I.2.4. Stade adulte	13
II. LES DIFFERENTES ESPECES DE TORTUES MARINES PRESENTES A LA REUNION	14
II.1. <i>La répartition géographique des tortues marines du SOOI</i>	14
II.2. <i>Diagnose d'espèce</i>	16
II.3. <i>Zoom sur la tortue verte, Chelonia mydas</i>	17
II.3.1. Caractéristiques anatomiques de la tortue verte.....	17
II.3.2. L'alimentation de la tortue verte	18
II.4. <i>La conservation des tortues marines</i>	18
II.4.1. Les menaces pour les populations de tortues marines	18
II.4.2. Les mesures de protection	20
II.4.2.1. A l'échelle mondiale.....	20
II.4.2.2. Au niveau des territoires français du sud-ouest de l'océan indien (PNA, 2015).....	20
III. LES PONTES A LA REUNION	21
III.1. <i>Caractéristiques des pontes des tortue vertes</i>	21
III.1.1. Rythme de reproduction et fidélité spatiale	21
III.1.2. Les conditions d'incubation des œufs	22
III.1.3. La vulnérabilité des œufs	23
III.2. <i>États des lieux des pontes à la Réunion</i>	24
III.2.1. Bref historique.....	24
III.2.2. De nos jours.....	24
III.3. <i>Les sites de pontes à la Réunion</i>	25
III.4. <i>La prise en charge des pontes par Kélonia</i>	26
III.4.1. Les pontes d'Emma et de Gaby	26
III.4.2. La surveillance des nids et la base de données TORSOOI	28
III.4.3. L'excavation des nids et les soins des nouveau-nés au centre de soins.....	29
IV. KELONIA : L'OBSERVATOIRE DES TORTUES MARINES	30
IV.1. <i>Localisation de Kélonia</i>	30
IV.2. <i>Historique de Kélonia</i>	31
IV.3. <i>Les missions de Kélonia</i>	32
IV.3.1. Le centre de soins.....	32
IV.3.1.1. L'organisation des locaux.....	33
IV.3.1.2. L'équipe du centre de soins	34
IV.3.1.3. Les individus pris en charge	34
IV.3.1.4. L'organisation des tâches et des soins.....	36
IV.3.1.5. La surveillance des nids et le recueil des nouveau-nés après l'éclosion des nids.....	36
IV.3.2. Les programmes de sensibilisation du grand public.....	37
IV.3.3. Les programmes scientifiques réalisés à Kélonia et au CEDTM.....	37
DEUXIEME PARTIE.....	39
I. ÉTAT DES LIEUX DU PROTOCOLE DE SOINS PRODIGUES AUX TORTUES NOUVEAU-NES DU CENTRE KELONIA, COMPARAISON AVEC LA LITTERATURE.....	40

I.1.	<i>Le transport des tortues marines nouveau-nés de la plage vers le centre de soins</i>	40
I.2.	<i>L'arrivée au centre de soins</i>	41
I.2.1.	Le marquage	41
I.2.2.	La réalisation de photographies et saisie des données de localisation	42
I.2.3.	Le premier examen clinique	43
I.2.4.	Bilan et propositions d'améliorations	44
I.3.	<i>Les premiers soins et précautions</i>	46
I.3.1.	La contention et la manipulation	46
I.3.1.1.	Les techniques de contention	46
I.3.1.2.	Le confort lors des soins	47
I.3.2.	Les mesures et les pesées	47
I.3.3.	Les soins de plaies	48
I.3.4.	Bilan et propositions d'améliorations	48
I.4.	<i>Les bassins de convalescence</i>	49
I.4.1.	Les bassins d'accueil	49
I.4.2.	La croissance au centre de soins	50
I.4.3.	Bilan et propositions d'améliorations	51
II.	<i>ÉTUDE DES PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX DE CAPTIVITE DES NOUVEAU-NES A KELONIA, COMPARAISON AVEC LA LITTERATURE</i>	52
II.1.	<i>Le lieu de vie : le milieu aquatique</i>	52
II.1.1.	La régulation thermique des reptiles	52
II.1.2.	L'importance de la lumière et les conditions climatiques de Saint Leu	53
II.1.3.	Les bassins et la température de l'eau	54
II.1.4.	La qualité de l'eau	55
II.1.4.1.	La distribution d'eau et le système de pompage (Cruciani, 2017)	55
II.1.4.2.	Le système de filtration de l'eau	56
II.1.4.3.	Gestion de la propreté des bassins	57
II.1.4.4.	Les paramètres physico-chimiques de l'eau (Stamper et al., 2017)	58
II.1.5.	Bilan et propositions d'améliorations	60
II.2.	<i>L'hygiène au CDS</i>	61
II.2.1.	Les règles et mesures d'hygiène au CDS	61
II.2.1.	L'hygiène des soins et notion de zoonose	61
II.2.2.	L'hygiène des nouveau-nés	62
II.2.3.	Bilan et propositions d'améliorations	63
II.3.	<i>La nutrition des nouveau-nés</i>	63
II.3.1.	L'alimentation des nouveau-nés	63
II.3.2.	L'apparence et la composition de la ration	64
II.3.2.1.	La mixture	65
II.3.2.2.	Le poisson seul	66
II.3.2.3.	L'alimentation sous forme de gel	66
II.3.2.4.	L'alimentation sous forme de granulés	67
II.3.3.	La réalisation et la conservation de la ration	67
II.3.4.	Le volume du bol alimentaire distribué et la fréquence de distribution	68
II.3.5.	Bilan et propositions d'améliorations	68
II.4.	<i>Le taux de croissance et l'état corporel</i>	69
II.4.1.	La croissance	69
II.4.2.	L'état corporel	70
II.4.3.	Étude des courbes de croissances	70
II.4.4.	Bilan	73
II.5.	<i>Le comportement et le bien-être des nouveau-nés</i>	74
II.5.1.	Le comportement et l'attitude des individus	74
II.5.2.	Le contact avec l'Homme	75
II.5.1.	L'enrichissement de l'environnement	75
II.5.2.	Le bruit	76
II.5.3.	Bilan et propositions d'améliorations	77
TROISIEME PARTIE		79
I.	<i>ÉTUDE RETROSPECTIVE SUR LES AGENTS INFECTIEUX ET LES PATHOLOGIES AFFECTANT LES TORTUES MARINES NOUVEAU-NES AU CENTRE KELONIA</i>	80
I.1.	<i>Introduction</i>	80
I.2.	<i>Types d'analyses réalisées au centre Kélonia</i>	80
I.2.1.	Collection d'échantillons	80
I.2.1.1.	La recherche de bactéries et champignons	80

I.2.1.2.	La recherche de virus	82
I.2.1.3.	La recherche de parasites	82
I.2.2.	Procédures de nécropsie	83
I.2.2.1.	L'examen post-mortem	83
I.2.2.2.	Les résultats des nécropsies des nouveau-nés	83
I.3.	<i>Compilation des résultats d'analyse obtenus au centre Kélonia de 2010 à 2019</i>	85
	Résultats des analyses bactériologiques	85
I.3.1.	85
I.3.1.1.	Les germes retrouvés chez les tortues marines adultes de Kélonia	85
I.3.1.2.	Les germes retrouvés chez les nouveau-nés de Kélonia	86
I.3.1.3.	Suivi de l'antibiorésistance	88
I.3.2.	Résultats des analyses mycologiques	88
I.3.3.	Résultats des analyses virologiques	89
I.3.4.	Résultats des analyses parasitologiques	90
I.4.	<i>Discussion</i>	91
II.	LE DEVENIR DE CES TORTUES MARINES	92
II.1.	<i>Le maintien en captivité au centre de soins</i>	92
II.1.1.	Rôle dans diverses études scientifiques	92
II.1.2.	Rôle dans la pédagogie du public et la conservation de l'espèce	93
II.2.	<i>La remise en liberté dans leur habitat naturel</i>	94
II.2.1.	La mise en place de balise GPS	94
II.2.2.	Les critères à respecter pour remettre ces tortues dans leur milieu naturel	96
II.2.3.	Le devenir des fonds de nids	96
II.2.3.1.	Les résultats encourageants	96
II.2.3.2.	Les résultats décevants	98
	DISCUSSION GENERALE	101
	CONCLUSION	103
	REFERENCES	105
	ANNEXES	115

LISTE DES ABREVIATIONS

Cc : *Caretta caretta* (tortue caouanne)

CDS : Centre de soins

CEDTM : Centre d'Étude et de Découverte des Tortues Marines

CITES : Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
(convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage)

Cm : *Chelonia mydas* (tortue verte)

CORAIL : Compagnie Réunionnaise d'Aquaculture et d'Industrie Littorale

Dc : *Dermochelys coriacea* (tortue luth)

Ei : *Eretmochelys imbricata* (tortue imbriquée)

GTMF : Groupe Tortues Marines de France

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

IUCN : International Union for Conservation of Nature (union internationale pour la conservation de la nature)

LC : Longueur courbe

LD : Longueur droite

Lk : *Lepidochelys kempii* (tortue de Kemp)

Lo : *Lepidochelys olivacea* (tortue olivâtre)

PCR : Polymerase Chain Reaction

PNA : Plan National d'action

SOOI : Sud-Ouest de l'Océan Indien

SPL : Société Publique Locale

UV : Ultraviolet

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle de vie général des tortues marines (adapté de Lanyon et al., 1989).....	11
Figure 2 : Localisation géographique de la Réunion dans l’océan Indien (point orange) (© Google Maps).....	14
Figure 3: Répartition géographique des tortues marines du sud-ouest de l’océan indien (Kélonia, Ifremer, Natural Earth, GADM, Marine region, SWOT/OBIS-SEAMAP, 2013)	15
Figure 4 : Critères anatomiques utilisés pour la diagnose des cinq espèces de tortues marines présentes dans l’océan Indien (adapté de Wyneken, J. et D. Witherington, 2001 par Kélonia et l’IFREMER)	16
Figure 5 : Illustration d’une femelle tortue verte adulte (© D. Witherington).....	17
Figure 6: Sites de nidification d'Emma (repère rouge) et de Gaby (repère orange) sur la côte ouest de la Réunion (© Google Maps)	25
Figure 7: Localisation géographique de Kélonia à Saint- Leu sur l’île de la Réunion (© Google Maps)	30
Figure 8: Vue aérienne de Kélonia (© Laura Hebrard) (Légende : 1-Bassin « reproduction », 2-Bassins de convalescence individuels, 3-Bassin « femelle », 4-Bassin « mâle », 5-Grand bassin, 6-Bassin « tactile », 7- « Laboratoire » du CDS, 8-Station de pompage et de filtration, 9-Plage artificielle, 10-Canal « crise »	33
Figure 9: Diagramme répertoriant les causes d'arrivées au centre de soins (données du CDS)	35
Figure 10: Marque d’identification sur une tortue verte nouveau-nés au centre de soins Kélonia (Cm) (© Laura Hébrard)	41
Figure 11: La réalisation de photographies lors de l'arrivée au CDS des nouveau-nés (A : profil droit, B : profil gauche, C : plastron et anomalies de fermeture de l’ombilic, D : carapace (© Mathieu Barret/ Claire Jean).....	42
Figure 12: Fiche d'arrivée des émergentes secourues au CDS de Kélonia (© Laura Hébrard)	45
Figure 13: Les différentes techniques de contention des tortues marines nouveau-nés (© Laura Hebrard).....	46
Figure 14: Mesure de la longueur droite et pesée d'un nouveau-né de tortue verte (© Laura Hebrard).....	47
Figure 15: Tortue nouveau-né déformée et ayant une mauvaise cicatrisation de l'ombilic (© Kélonia)	48
Figure 16: Bassins de convalescence des nouveau-nés, A : format actuel, B : anciens formats (© Laura Hebrard/Kélonia)	50
Figure 17: Grilles de séparations mises en place dans un centre de soins aux États-Unis (© Bluvias et Eckert, 2010).....	51
Figure 18: Fiche d'hospitalisation individuelle pour les nouveau-nés du CDS de Kélonia (© Laura Hebrard).....	52
Figure 19: Normales climatologiques annuelles de la ville de Saint Leu (© Météo France)...	54
Figure 20: Suivi de la température de l’océan à Saint Leu (© Météo France)	55
Figure 21: Testeur de pH de la marque Bayrol® (© Laura Hébrard).....	59
Figure 22: Nettoyage d'un nouveau-né de tortue verte au CDS de Kélonia (© Laura Hébrard)	62
Figure 23: Courbes représentant l’évolution du poids en kilogrammes (A) et de la taille en centimètres (B) des tortues nouveau-nés de Février à Juin 2019 (© Kélonia)	71

Figure 24: Courbes représentant l'évolution de la moyenne des poids (en kilogrammes) et des tailles (en centimètres) des tortues nouveau-nés de Mars 2010 à Juin 2011 (© Kélonia)	72
Figure 25: Courbes représentant l'évolution du poids individuel des tortues nouveau-nés en kilogrammes de Février 2016 à Juin 2019 (© Kélonia)	73
Figure 26: Écouvillon sec stérile (© PMD médical)	81
Figure 27: Photographies réalisées lors de nécropsies de nouveau-nés (© Kélonia)	84
Figure 28: Diagramme représentant les différentes bactéries retrouvées à partir des prélèvements réalisés sur les tortues marines du centre de soins de Kélonia entre juin 2017 et juillet 2018 (© VETORUN)	85
Figure 29: Diagramme représentant les différentes bactéries retrouvées à partir des prélèvements sur les nouveau-nés réalisés au centre de soins de Kélonia de 2010 à 2019 (n=62) (© Laura Hébrard)	87
Figure 30: Troubles cutanés observés chez les nouveau-nés du centre de soins de Kélonia en 2019 (© Laura Hébrard)	88
Figure 31: Troubles cutanés observés chez les nouveau-nés du centre de soins de Kélonia en 2019 (© Laura Hébrard)	89
Figure 32: Oeufs de trématodes (1) et de nématodes (2) retrouvés dans les fécès des nouveau-nés 2019 © Clinique vétorun)	90
Figure 33: Profil droit et profil gauche d'une tortue verte à différents stades de développements (© Carpentier et al.,2016)	92
Figure 34: Remise en liberté d'une tortue verte ayant été sauvée lors d'excavation de nid et ayant grandi en captivité à Kélonia (© Mathieu Barret)	94
Figure 35: Tortue juvénile de premier stade équipée d'une balise GPS avant sa remise en liberté (© Claire Jean)	95
Figure 36: Comparaison entre les courants marins de l'océan Indien (à gauche) et les déplacements GPS des tortues juvéniles après leur mise en liberté (à droite) (© Stéphane Ciccione, Mayeul Dalleau)	95
Figure 37: Graphique mettant en évidence le devenir des tortues vertes récupérées au fond des nids à La Réunion (© Laura Hébrard)	97
Figure 38: Graphique représentant les périodes de mortalité des fonds de nids au centre de soins de Kélonia (© Laura Hébrard)	97
Figure 39: Photographie de l'élément plastique retrouvé dans la bouche de Mina une jeune tortue verte échouée sur les côtes Sud-Africaine (© Kélonia)	99

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Informations sur les pontes d'Emma ((© TORSOOI/rapport non publié Muriel Osiris, 2019)	27
Tableau 2: Informations sur les pontes de Gaby ((© TORSOOI/rapport non publié Muriel Osiris, 2019)	28
Tableau 3: Tableau récapitulatif de l'examen clinique à réaliser lors de l'arrivée des nouveau-nés au centre de soins de Kélonia.....	43
Tableau 4: Recette de la mixture réalisée à Kélonia pour les nouveau-nés de tortues vertes (© Kélonia).....	65
Tableau 5: Tableau représentant les différentes bactéries retrouvées à partir des prélèvements réalisés sur les tortues marines du centre de soins de Kélonia de 2014 à 2018 (© Clinique VETORUN).....	86

INTRODUCTION

Les écosystèmes marins, réservoir majeur de biodiversité (Mora et al., 2011), sont actuellement menacés par les activités humaines directes (surpêche, anthropisation du littoral) et indirects (changement climatique) (Domiciano et al., 2017). Ces menaces ont un impact majeur sur toutes les espèces marines et notamment les tortues marines qui sont menacées d'extinction. En effet, les sept espèces de tortues marines sont inscrites sur la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN, 2013). De par leur cycle de vie complexe, ces espèces qualifiées de migratrices parcourent des milliers de kilomètres entre leurs aires d'alimentation et les plages de ponte. Les tortues marines sont retrouvées dans l'ensemble du globe et ont à la fois un milieu de vie marin et terrestre (McClenachan et al., 2006). La diversité des habitats et l'étendue des aires de répartition qu'elles occupent multiplient les menaces auxquelles elles doivent faire face. Les tortues marines sont qualifiées d'espèces parapluies, elles sont placées au cœur des problématiques de conservation des espèces. Effectivement, leur protection est capitale pour leur survie mais également pour la survie d'un grand nombre d'autres espèces occupant les mêmes habitats (Bourjea, 2014).

Les tortues marines sont des reptiles qui ont acquis des adaptations anatomiques spécifiques à la vie marine. Elles ont une respiration pulmonée mais peuvent réaliser des apnées conséquentes grâce à la flexibilité de leur carapace, une modification du flux sanguin et une résistance cérébrale à l'anoxie (Wyneken et al., 2013). De plus, la vie dans l'eau salée est permise grâce à un système lacrymal développé qui comprend des glandes à sel qui ont pour rôle de maintenir l'équilibre osmotique du sang. Les tortues marines gèrent également la consommation de sel en pressant les aliments ingérés avec un œsophage musculeux tapissé de papilles pointues (Wyneken et Witherington 2001). Malgré ces adaptations spectaculaires, elles sont vulnérables à de nombreuses menaces comme les captures accidentelles des engins de pêche (Lewison et al., 2004) (Moore, 2008), la pollution des eaux (Patrício et al., 2019)(Bugoni et al., 2001) et l'ingestion de déchets plastiques (Moore, 2008) (Nicolau et al., 2016 ; Pham et al., 2017). Le braconnage est également un fléau pour les œufs et pour les femelles reproductrices.

Ainsi, à St-Leu sur l'île de La Réunion, Kélonia, un centre de soins et un site de préservation des tortues marines a été conçu pour les protéger. Sur l'île de la Réunion, la

nidification est perturbée par l'anthropisation des plages (pollution lumineuse, plastique, sonore) (Ivar do Sul et al., 2011) (Kamrowski et al., 2012) (Eriksen et al., 2014). Au XVI^{ème} siècle, de nombreuses tortues vertes, *Chelonia mydas* (*Cm*), venaient pondre sur les plages de l'île mais à l'heure actuelle les pontes sont rares. Depuis 2007, seulement deux tortues vertes (*Cm*) viennent pondre, tous les trois ans environ, sur les plages de Boucan-Canot et Saint Leu. Lorsque les nids sont repérés par l'équipe de Kélonia, ils sont mis sous surveillance rapprochée. Au bout de trois jours après le début de l'émergence, l'équipe creuse les nids (excavation) afin de comptabiliser les coquilles vides, les œufs non éclos, les œufs consommés par des prédateurs, les éclos morts dans le nid et les éclos vivants non-émergés. Ces derniers seront pris en charge par le centre de soins de Kélonia afin de leur donner une chance de survie et d'assurer la pérennisation de l'espèce.

Les objectifs de ce travail de thèse sont de réaliser :

- un état des lieux du protocole de soins et des paramètres environnementaux utilisés au centre Kélonia pour la prise en charge des nouveau-nés de tortues vertes (*Cm*) blessés, déformés ou non-émergés, récupérés après excavation des nids. Ces données, recueillies depuis 2010 au centre de soins de Kélonia et compilées lors d'un stage en immersion de trois mois, sont comparées à celles de la littérature afin de proposer un protocole optimisé et standardisé ainsi que d'éventuels axes d'amélioration à développer;
- une étude rétrospective sur les agents infectieux retrouvés chez les tortues nouveau-nés du centre.

Afin de cibler le sujet de manière précise, la première partie est consacrée à l'étude bibliographique de la biologie des tortues marines, des connaissances des pontes sur l'île de la Réunion ainsi qu'à la présentation de Kélonia et plus particulièrement de son centre de soins.

La deuxième partie est dédiée à l'étude des divers paramètres à prendre en compte afin d'assurer le bon développement des tortues vertes en captivité. Cette étude repose sur la compilation des données relatives au protocole de soins et d'alimentation de ces tortues vertes au centre Kélonia entre 2010 et 2019, et sur l'analyse des données bibliographiques. Ce travail doit conduire à l'optimisation des protocoles utilisés au centre. En

effet, pour permettre la croissance en captivité de nouveau-nés fragiles et sensibles, un environnement adapté associé à une alimentation équilibrée doit être mis en place dans le but d'assurer par la suite leur réintroduction en milieu naturel. En revanche, relativement peu de données existent sur les « années perdues », longue période non-observée durant laquelle les nouveau-nés se développent en milieu océanique, ainsi il est délicat de connaître les besoins spécifiques de cette espèce à ce stade de vie.

Dans la troisième et dernière partie, une étude des agents infectieux les plus fréquemment rencontrés sera réalisée puis nous discuterons du devenir de ces tortues marines avec leur remise en liberté dans leur milieu naturel et le maintien en captivité temporaire pour la sensibilisation du grand public aux patrimoines naturels et culturels de la Réunion.

Pour finir, une discussion générale portant sur les améliorations et la prise en charge sera entreprise.

PREMIERE PARTIE

I. La biologie des tortues marines

I.1. Classification des tortues marines

Les tortues marines, animaux vertébrés poïkilothermes, appartiennent à la classe des reptiles, à l'ordre des Testudines et à la super-famille des *Chelonioidea*. Elles sont divisées en deux familles, la famille *Dermochelyidae* qui se caractérise par une absence d'écailles à l'âge adulte, sa dossière étant formée d'une épaisse couche de graisse recouverte d'une fine couche de peau appelée « cuir » avec comme unique représentante la tortue Luth (*Dermochelys coriacea*, Dc) et la famille *Cheloniidae* comprenant les six autres espèces de tortues marines qui sont la tortue verte (*Chelonia mydas*, Cm), la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*, Ei), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*, Lo), la tortue caouanne (*Caretta Caretta*, Cc), la tortue de Kemp (*Lepidochelys kempii*, Lk), et la tortue à dos plat (*Natator depressus*, Nd). Ces six espèces ont une carapace osseuse recouverte d'écailles à laquelle sont soudées la colonne vertébrale et les côtes. Le nombre d'écailles sur la dossière et la tête diffère selon les espèces et sert de critère d'identification. (Hirayama, 1994)

I.2. Le cycle biologique général des tortues marines

Le cycle biologique est globalement identique chez toutes les espèces de tortues marines. Les tortues marines sont des espèces de grande longévité qui occupent des habitats très variés au cours de leur cycle biologique. Elles évoluent la plus grande partie de leur temps en mer, mais ont conservé une composante terrestre unique, lorsque les femelles montent sur la plage pour y déposer leurs œufs.

Ce cycle comporte des stades bien définis : le stade œuf, le stade nouveau-né, le stade juvénile et le stade adulte (Figure 1). Ces stades se succèdent, présentent des régimes et des biotopes différents et sont entrecoupés d'étapes de migrations majeures.

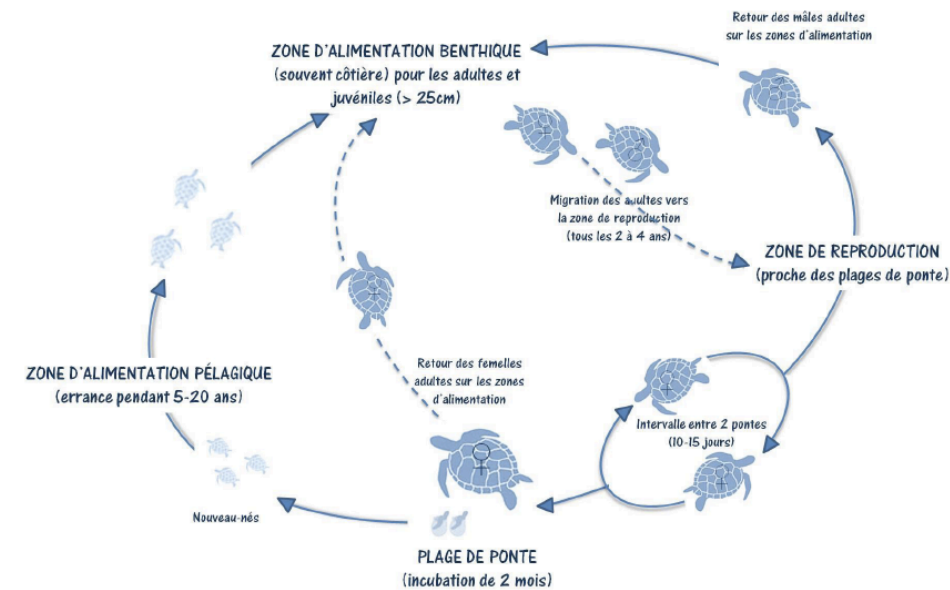


Figure 1 : Cycle de vie général des tortues marines (adapté de Lanyon et al., 1989)

I.2.1. Phase d'incubation ou stade œuf

Ce stade de vie commence au moment de la ponte et se termine lors de l'éclosion de l'œuf.

Le nid creusé par la femelle au moment de la ponte contient entre 100 et 200 œufs enfouis sous 70 centimètres de sable. La durée d'incubation est comprise entre 45 et 90 jours avec une moyenne de deux mois (60 jours). Elle dépend de plusieurs facteurs tels que l'humidité et la température du sable (Miller, 1997). Ainsi, une différence de 1 à 2 °C peut avoir une grande influence sur le ratio entre mâles et femelles au sein d'un nid (Mrosovsky, Yntema, 1980). En effet, au niveau du site de ponte, les températures élevées favorisent la production de femelles et les températures plus faibles donnent préférentiellement des mâles. Ces températures dites « pivot », comprises entre 28 et 31°C, varient d'une espèce à l'autre (Ewert et al., 1994) et même au sein d'une espèce (Chevalier et al., 1999). À la température du sable s'ajoute la température métabolique liée au développement embryonnaire qui entraîne des températures plus élevées au milieu des nids et plus faible en périphérie. C'est une période pendant laquelle les échanges gazeux respiratoires et l'humidité sont déterminants pour le développement des embryons (Ackerman, 1980).

I.2.2. Stade nouveau-né

Après l'éclosion, les jeunes tortues vont émerger à la surface du sable. L'émergence a lieu lorsque les gradients de température du sable s'inversent, généralement en fin de journée ou la nuit, limitant ainsi la prédation. Les nouveau-nés cherchent l'horizon le plus lumineux pour se diriger vers la mer en s'aidant de la pente de la plage et en se repérant avec les reflets de la lune sur l'eau notamment (Ehrenfeld, Carr, 1967). Du fait de leur petite taille, de nombreux prédateurs peuvent compromettre leur périple (crabes, oiseaux, rats, chiens).

Une fois la mer atteinte, les nouveau-nés vont nager frénétiquement plusieurs jours (3 à 6 jours selon l'espèce) afin de s'éloigner de la côte et des courants littoraux jusqu'à atteindre les eaux plus profondes et se laisser porter par le courant (Musick, Limpus, 1997).

I.2.3. Stade juvénile

Du premier repas à la puberté, les tortues deviennent des juvéniles. Ce stade est divisé en deux sous-stades : un stade juvénile pélagique et un stade juvénile benthique.

Le stade juvénile pélagique commence au premier repas constitué de plancton, d'œufs de poissons et de larves. Durant ce stade, les tortues dérivent de façon passive portées par les courants à la surface des océans. Cette migration peut durer plusieurs années selon les espèces, entre trois et cinq ans chez les tortues vertes (*Cm*) par exemple (Reich et al., 2007). Ce stade est également nommé les « années perdues » (Carr, 1987) car durant cette période les jeunes tortues sont de petites tailles et se trouvent en pleine mer et donc cette période de vie est difficilement suivie par les biologistes.

Le passage du stade juvénile pélagique au stade juvénile benthique est appelé le « recrutement ». Cette transition s'accompagne d'importantes modifications du mode de vie. Avec une taille plus importante, les tortues vont coloniser les zones benthiques près des côtes. Ces zones sont des aires de croissance, elles y restent plusieurs années pour se nourrir et se développer jusqu'à la maturité sexuelle, avant d'entamer leur première migration pour la reproduction. Elles sont généralement fidèles aux zones d'alimentation (Musick, Limpus, 1997) (Broderick et al., 2007).

Le changement de milieu s'accompagne de modifications du régime alimentaire. Les tortues imbriquées, olivâtres et caouannes vont adopter un régime plutôt omnivore (crustacés, mollusques, algues...) tandis que les tortues vertes optent pour un régime herbivore (algues et herbiers marins) (Bjorndal, 1997).

1.2.4. Stade adulte

Ce stade commence à l'acquisition de la maturité sexuelle. Il n'y a pas de certitudes concernant l'âge de la maturité sexuelle des tortues marines. Il existe une grande variabilité interspécifique et interindividuelle (Tucek et al., 2014).

Entre le stade juvénile et le stade adulte, il existe une période durant laquelle les tortues sont qualifiées de sub-adultes bien que cette dénomination soit controversée. Les tortues immatures regroupent donc les tortues juvéniles et sub-adultes.

Lors de la maturité sexuelle, la distinction anatomique entre les mâles et les femelles devient enfin possible. Trois critères anatomiques externes permettent de distinguer les tortues mâles adultes des tortues femelles adultes (Wyneken, 2001). Les griffes sont plus développées chez le mâle pour lui permettre de s'accrocher à la femelle pendant l'accouplement. Le plastron est légèrement concave chez le mâle et il est plat chez la femelle pour faciliter l'accouplement. La queue des mâles est plus longue que les nageoires postérieures contrairement aux femelles chez qui la queue est plus courte. Le cloaque se trouve à l'extrémité ventrale de la queue. Ainsi, lors de l'accouplement, la longue queue du mâle permet de contourner la carapace de la femelle.

Pendant la saison de reproduction, mâles et femelles quittent leurs aires d'alimentation respectives pour rejoindre les zones de reproduction qui sont à proximité des plages de ponte (Miller, 1997). L'accouplement dure plusieurs heures. Au cours d'une même saison, les femelles peuvent être fécondées par plusieurs mâles et peuvent également pondre plusieurs fois dans la même zone.

Les femelles montent ensuite sur la plage où elles creusent un nid dans lequel elles pondent 100 à 200 œufs qu'elles recouvrent de sable. Les femelles sont en général fidèles à leur site de ponte mais des exceptions existent. Au cours d'une saison, elles effectuent plusieurs pontes à quelques jours d'intervalle.

Les tortues adultes regagnent ensuite les aires d'alimentation, où elles reconstitueront leurs réserves graisseuses avant d'entreprendre, 3 à 4 ans plus tard, une nouvelle migration de reproduction. L'intervalle entre deux migrations dépend de différents facteurs tels que l'âge de la tortue, la qualité des sites de nourrissage et la taille de la population (Hays, 2000) (Solow et al., 2002).

II. Les différentes espèces de tortues marines présentes à la Réunion

II.1. La répartition géographique des tortues marines du SOOI

L'île de la Réunion appartient aux territoires insulaires français du sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) situés autour de Madagascar. Ils comptent deux départements d'outre-mer, La Réunion et Mayotte, ainsi que les Îles Éparses qui constituent le cinquième district des TAAF (Terres Australes et Antarctiques Françaises) (Figure 2).

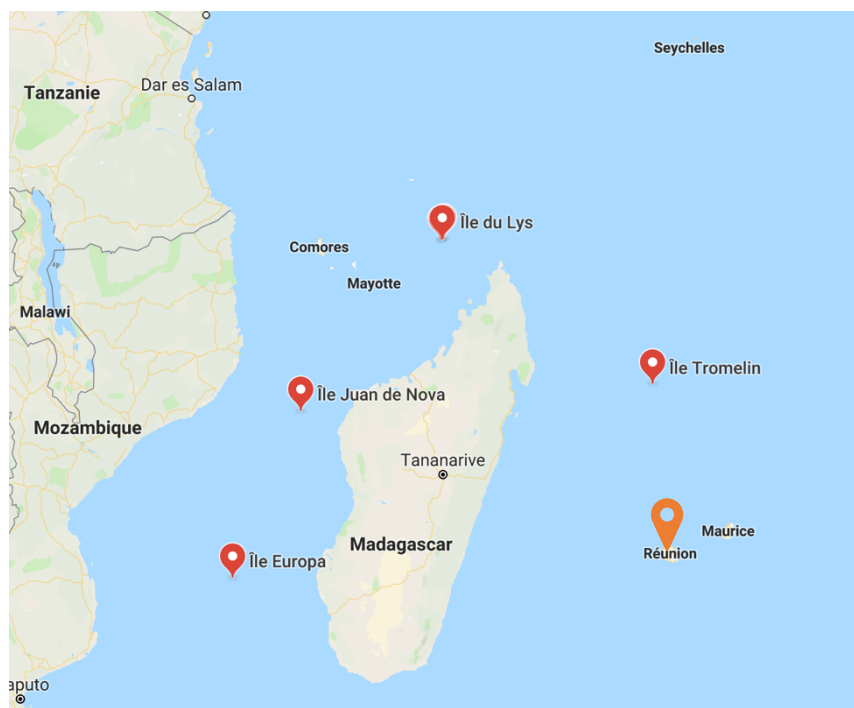


Figure 2 : Localisation géographique de la Réunion dans l'océan Indien (point orange) (© Google Maps)

Dans le sud-ouest de l'océan Indien (SOOI), seules cinq espèces sur sept dans le monde sont présentes. Parmi elles, on distingue : la tortue verte (*Chelonia mydas*, Cm), la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*, Ei), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*, Lo), la tortue caouanne (*Caretta Caretta*, Cc) et la tortue Luth (*Dermochelys coriacea*, Dc). Elles sont présentes dans tous les océans du monde à l'exception de l'océan Arctique. Les cartes présentées dans la Figure 3 ont été établies avec les différentes données scientifiques récoltées à travers le monde : les sites de ponte, les migrations, les études génétiques etc...

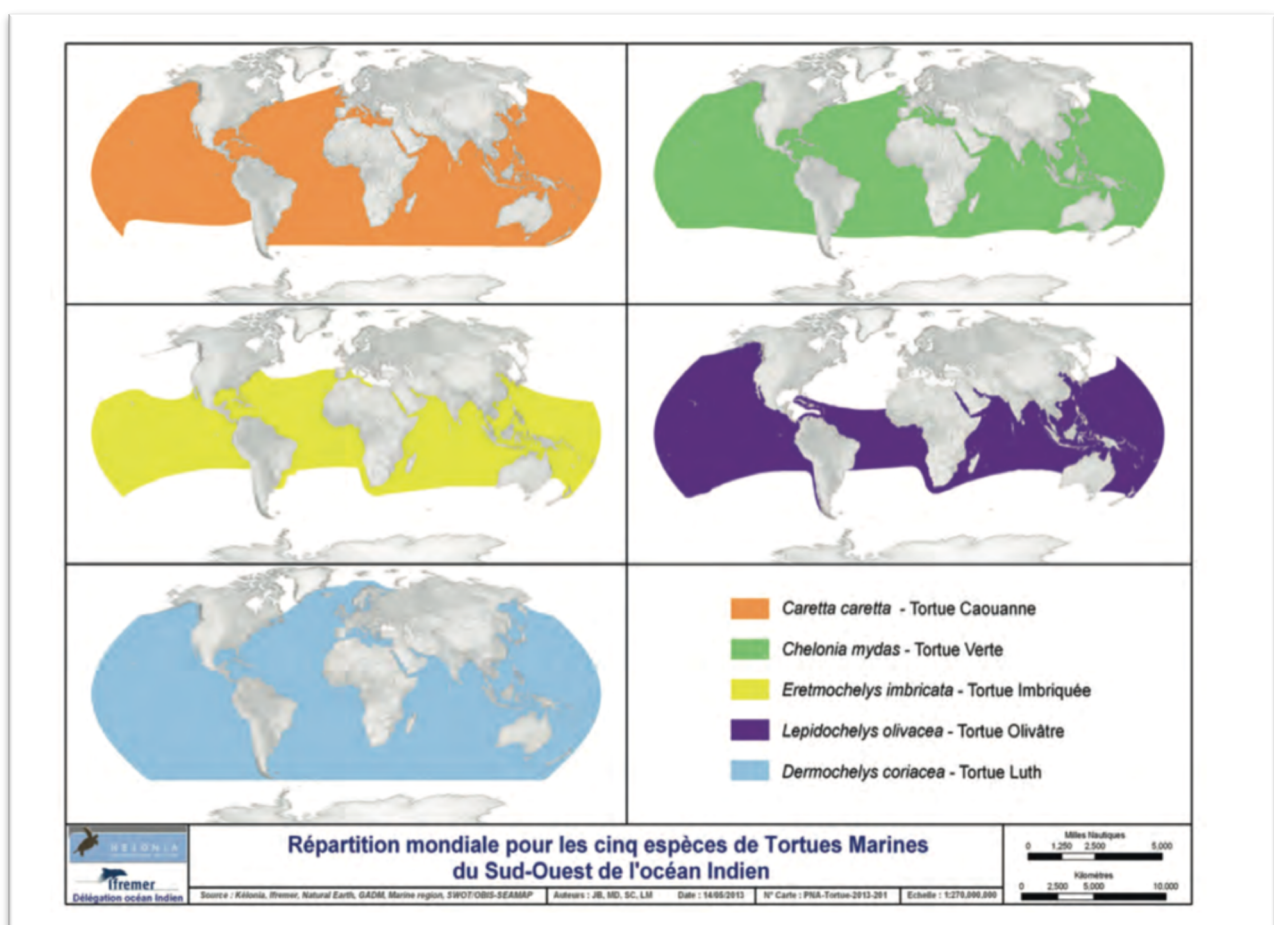


Figure 3: Répartition géographique des tortues marines du sud-ouest de l'océan indien (Kélonia, Ifremer, Natural Earth, GADM, Marine region, SWOT/OBIS-SEAMAP, 2013)

II.2. Diagnose d'espèce

La diagnose d'espèce est basée sur des critères anatomiques externes simples tels que les griffes, les écailles latérales de la carapace et les écailles préfrontales (Figure 4).

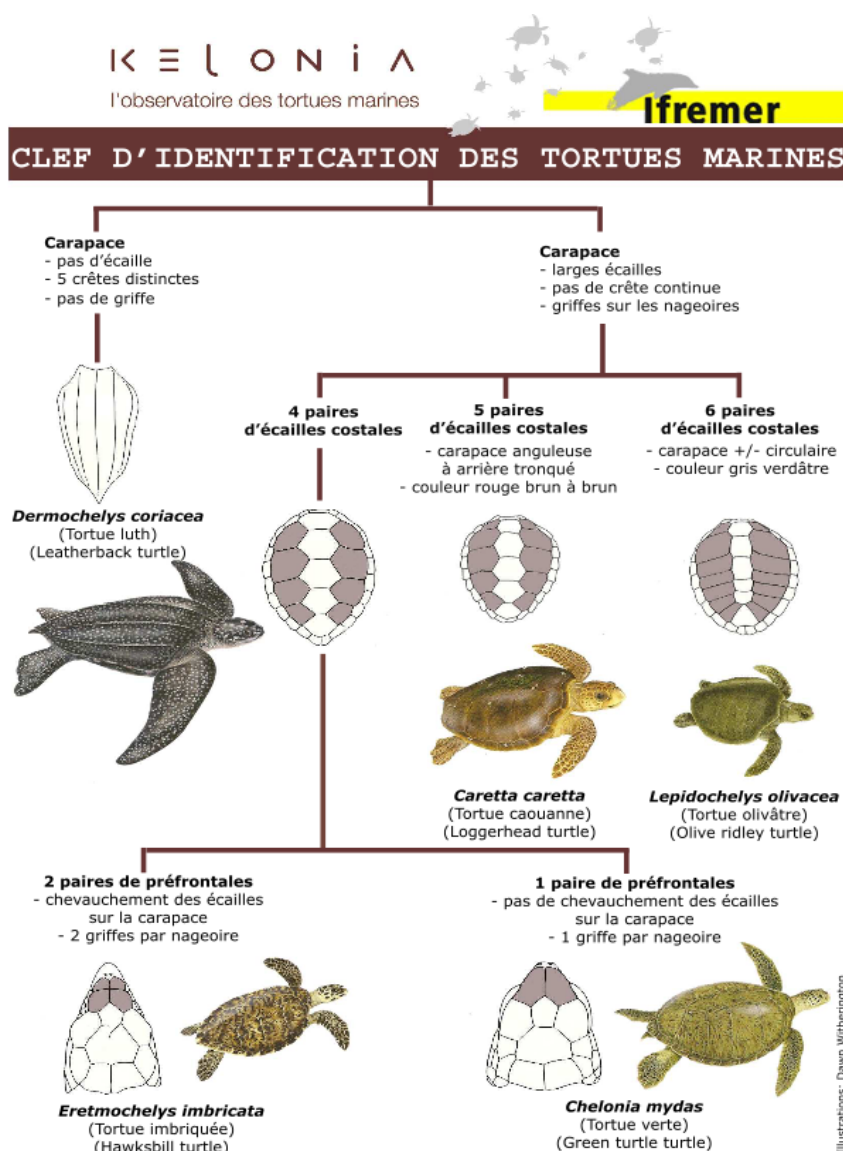


Figure 4 : Critères anatomiques utilisés pour la diagnose des cinq espèces de tortues marines présentes dans l'océan Indien (adapté de Wyneken, J. et D. Witherington, 2001 par Kelonia et l'IFREMER)

Les tortues vertes *Cm* et les tortues olivâtres *Lo* ne possèdent qu'une seule griffe sur chaque nageoire alors que les tortues caouannes *Cc* et les tortues imbriquées *Ei* en possèdent deux. La tortue Luth *Dc* est la plus facile à identifier car c'est la seule espèce qui ne possède pas d'écailles sur sa carapace ni de griffes sur ses nageoires. De plus, elle a une couleur foncée. (Wyneken, 2001). Une clé d'identification très détaillée est disponible en Annexe 1.

Mon étude ne portera que sur la tortue verte *Cm*, seule espèce venant pondre à la Réunion.

II.3. Zoom sur la tortue verte, *Chelonia mydas*

II.3.1. Caractéristiques anatomiques de la tortue verte

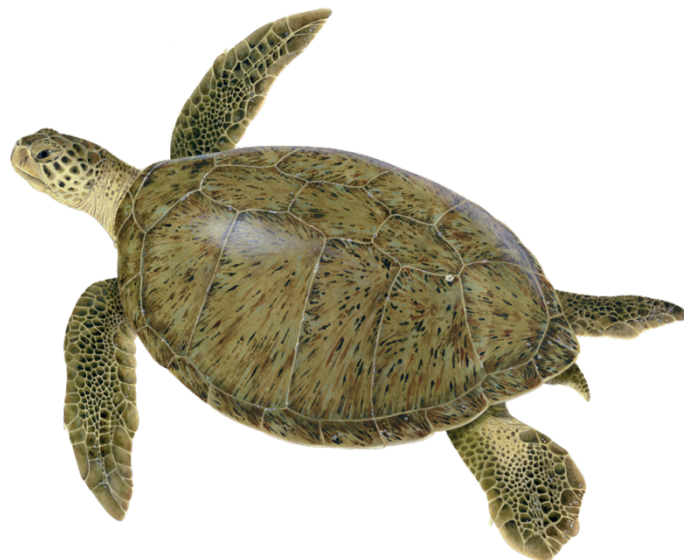


Figure 5 : Illustration d'une femelle tortue verte adulte (© D. Witherington)

Les tortues vertes sont les plus grandes des tortues de mer à carapace dure. Elles ont la tête émoussée et une carapace ovale chez les juvéniles qui devient bombée à l'âge adulte. Les écailles de la carapace portent des motifs qui ne se chevauchent pas. Les écailles de la carapace sont généralement composées de quatre paires d'écailles costales et de cinq écailles vertébrales, avec une écaille nucale qui ne touche pas la première paire costale. Le plastron est constitué de quatre paires d'écailles marginales.

Les nouveau-nés sont bleu-gris foncé sur la face supérieure et blanc en dessous. Au cours de leur première année, les tortues vertes acquièrent un motif sur chaque écaille de la carapace constitué de rayures rayonnantes olives, noires et brunes. Ce motif varie

selon les individus, allant du plus clair au plus sombre. Les tortues vertes ont tendance à devenir plus foncées à l'âge adulte. La tête et les nageoires dorsales sont couvertes d'écailles sombres aux délimitations plus claires.

Il n'y a qu'une paire d'écailles préfrontales entre les yeux (caractéristique essentielle de la diagnose). La tortue verte possède un bec arrondi muni de denticules lui permettant de broyer les herbes sous-marines dont elle se nourrit. Les tortues vertes ne possèdent qu'une seule griffe sur chaque nageoire (Manire et al., 2017).

Les femelles adultes pèsent entre 150 et 230 kg et ont une longueur de carapace moyenne de 125 cm. Ces valeurs peuvent varier d'un individu à l'autre et en fonction du lieu de vie et milieu de vie. Par exemple, la croissance en captivité est plus rapide que dans le milieu sauvage (Swingle et al., 1993).

A la naissance la longueur de carapace est de 46-57 mm et les nouveau-nés pèsent seulement 25 g en moyenne.

II.3.2. L'alimentation de la tortue verte

Au cours de sa croissance, l'alimentation de la tortue verte évolue. Elle sera principalement herbivore à l'âge adulte. Le régime alimentaire est de type carnivore (œufs de poisson, invertébrés, zooplanctons) aux stades nouveau-né et juvénile puis la tortue verte va se nourrir d'algues, d'éponges et de coraux mous et donc adopter un régime omnivore. C'est au stade sub-adulte que la tortue verte adoptera son régime alimentaire définitif : herbivore (Bjorndal, 1997)(Parker et al., 2011).

Au stade adulte, la tortue mange des algues rouges, des phanérogames marines comme *Halophila*, *Thalassia*, *Halodule*, *Cymodocea*, *Syringodium* (Ballorain, 2010 ; Taquet et al., 2006). Toutefois, l'espèce n'est pas attachée à un statut d'herbivore exclusif et peut consommer des cnidaires, des spongiaires, ou encore des céphalopodes (PNA, 2015).

II.4. La conservation des tortues marines

II.4.1. Les menaces pour les populations de tortues marines

A l'échelle mondiale, les populations de tortues marines sont en constante baisse. La tortue marine étant un animal à la fois terrestre et marin, elle rencontre de

nombreuses menaces directes (braconnage, filets fantômes...) ou indirectes avec par exemple la dégradation de son habitat (aire d'alimentation, plage de nidification...) (IUCN).

Les impacts anthropologiques, la prédation et les maladies ont participé activement à la diminution des populations de tortues marines.

Actuellement, les activités humaines comme l'augmentation du nombre de bateaux de tourisme, la pêche accidentelle ou illégale (Southwood et al., 2008), le braconnage ont contribué à une diminution supérieure à 50% de la diminution globale de la population en moins de trois générations (Vega-Manriquez et al., 2018). Les menaces humaines les plus préjudiciables pour les tortues vertes sont probablement les prélèvements intentionnels d'œufs et d'adultes sur les plages de nidification, ainsi que le braconnage des juvéniles et les adultes au niveau des aires d'alimentation.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier de prendre en compte les menaces indirectes (pollution, urbanisation des plages) qui provoquent la dégradation des aires d'alimentation ou de ponte. De plus, la pollution lumineuse dissuade les tortues adultes de venir pondre et empêche les nouveau-nés de rejoindre l'océan (Witherington et al., 1990). D'autre part, le réchauffement climatique pourrait avoir des conséquences inquiétantes sur la sauvegarde des tortues. Le sexe des futurs nouveau-nés étant fixé par la température d'incubation des œufs, une augmentation de celle-ci entraînera l'éclosion de femelles uniquement (Jensen et al., 2018) (Patrício et al., 2019). Un taux de mortalité extrême d'œufs est à envisager si le réchauffement dépasse les 3°C (Hawkes et al., 2007).

De plus, les populations de tortues marines doivent faire face à l'émergence de certaines maladies comme la fibropapillomatose, une maladie virale liée à un herpes virus, qui provoque des tumeurs cutanées considérables. Cette maladie est très préoccupante pour les acteurs de la préservation des tortues marines et de nombreuses études scientifiques existent et sont en cours pour essayer de pallier ce fléau (Jacobson et al., 1989)(Work et al., 2004) (Lawrance et al., 2018). A ce jour, la dégradation des habitats marins par le développement agricole, industriel ou urbain a été impliqué dans la prévalence croissante de la fibropapillomatose (Herbst L H, Klein P A, 1995) chez les tortues marines. Il est essentiel de noter qu'à la Réunion, la fibropapillomatose est rare mais que toutes les autres menaces sont bel et bien présentes.

II.4.2. Les mesures de protection

II.4.2.1. A l'échelle mondiale

De par la diversité des menaces auxquelles doivent faire face les tortues marines, elles font l'objet de mesures de protection.

Premièrement, les sept espèces sont aujourd'hui inscrites sur la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN). La tortue luth et la tortue olivâtre sont classées comme « vulnérables », la tortue verte et la tortue caouanne sont « en danger d'extinction » tandis que la tortue imbriquée et la tortue de Kemp sont répertoriées comme étant « en danger critique d'extinction ». La tortue à dos plat (*Nd*), quant à elle, ne dispose pas de statut établi du fait du manque de données portant sur cette espèce endémique au plateau continental australien.

Deuxièmement, les tortues sont inscrites sur l'annexe I de la Convention sur le Commerce International des Espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) depuis 1981. Cette convention réglemente le commerce international des espèces de la faune et de la flore sauvage et son annexe I recense les espèces les plus menacées de la planète et interdit strictement leur commerce sauf dérogation.

Troisièmement, sur les annexes 1 et 2 de la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (Convention de Bonn).

II.4.2.2. Au niveau des territoires français du sud-ouest de l'océan indien (PNA, 2015)

A la Réunion, différentes réglementations ont été mises en place. Tout d'abord, l'arrêté préfectoral de 1983 place les tortues marines sous un statut de protection et interdit la capture des tortues marines. A ceci s'est ajouté la mise en place d'un parc marin puis d'une réserve naturelle marine en 2007.

De plus, les différents acteurs de la protection des tortues marines (experts scientifiques, comité de suivis locaux, partenaires financiers) se sont associés pour mettre en place un plan national d'action de 2015-2020 avec comme objectif global de protéger les tortues sur l'ensemble du SOOI et à Madagascar, L'île Maurice, les Seychelles et même la côte sud-est africaine. Le PNA, Plan National d'Action des tortues marines sur les territoires français du Sud-Ouest Océan Indien (SOOI) s'inscrit dans le cadre du plan d'action Outre-mer du Grenelle de l'environnement, datant de 2007. L'un des objectifs de ce plan est de mettre

en œuvre des stratégies et des outils nécessaires à l'arrêt de la perte de la biodiversité marine, à sa préservation et à sa valorisation. Il comprend une partie commune aux trois territoires où figurent le bilan des connaissances sur les espèces concernées et les stratégies et objectifs globaux mentionnant des spécifications locales.

Le but de ce plan d'actions est de coordonner des mesures de protection sur le long terme.

Les objectifs principaux sont :

- Préserver les habitats terrestres des tortues marines,
- Protéger les habitats côtiers, les sites d'alimentation et les corridors écologiques,
- Identifier et réduire les menaces,
- Acquérir de nouvelles connaissances sur les populations du SOOI,
- Sensibiliser, informer et impliquer les communautés et l'ensemble des acteurs locaux dans la gestion et la préservation des tortues marines et de leurs habitats,
- Développer l'écotourisme et les actions de sensibilisation.

Ces actions, en collaboration avec l'IFREMER, Kélonia, des organismes de recherche réunionnais, nationaux et des pays du SOOI, permettent une protection efficace des tortues à la Réunion. Actuellement les tortues marines sont reconnues comme un élément du patrimoine naturel et culturel de la Réunion (Ciccione et al., 2011).

III. Les pontes à la Réunion

III.1. Caractéristiques des pontes des tortue vertes

III.1.1. Rythme de reproduction et fidélité spatiale

La tortue verte ne pond pas chaque année, son rythme de reproduction est en moyenne d'une ponte tous les 2 à 4 ans, mais il varie selon les sites de ponte de 2 à 6 ans. Par ailleurs, la saison de ponte peut varier (Lauret-Stepler et al., 2007) mais près de l'équateur les pontes ont généralement lieu toute l'année (Hirth, 1980). Une femelle pond trois à cinq fois dans une même saison de ponte, chaque ponte étant espacée de 12 à 14 jours (Miller, 1997). Les femelles montent sur la plage où elles creusent un nid dans lequel elles pondent les œufs qu'elles recouvrent de sable puis elles retournent à la mer. Il n'y a pas de soins parentaux des œufs ou même des nouveau-nés chez les tortues.

Une fidélité spatiale des femelles à leur site de ponte est très marquée (Broderick Annette C et al., 2007). En effet, cet attachement à un site de ponte est très précis, les tortues reviennent pondre sur la même plage à chaque ponte et à quelques mètres d'intervalle d'années en années même si leurs aires d'alimentation sont situées à des milliers de kilomètres (Bosc, Le Gall, 1986).

Cette fiabilité aux sites de ponte est associée à une forte philopatrie, tendance de certains individus à instinctivement revenir à l'endroit où ils sont nés, pour se reproduire, même si cette affirmation est difficile à démontrer. En effet, aucune des techniques de marquage actuelles ne permet de suivre une émergente jusqu'à l'âge adulte. Pour retrouver leur site de naissance, ces grandes migratrices utilisent le champ magnétique terrestre mais une des théories actuellement à l'étude est celle de « la plume olfactive », c'est-à-dire la mémoire des odeurs de leur site d'origine entraînées par les vents à la surface de l'océan et dont elles se seraient imprégnées à leur naissance (Bourjea et al., 2017).

De plus, le développement d'études génétiques avec l'utilisation des microsatellites permet d'étudier le phénomène de philopatrie plus facilement et chez les mâles également (Lee et al., 2007).

III.1.2. Les conditions d'incubation des œufs

Lorsque la tortue femelle arrive sur la plage, elle va choisir le lieu qui lui semble le plus propice pour pondre, souvent près de la végétation (Bjorndal, Bolten, 1992). Le nid doit être suffisamment éloigné de la mer pour que le taux d'humidité ne rende pas les œufs non viables. Dès lors, elle creuse une cavité avec ses nageoires antérieures puis le nid d'environ 70 cm de profondeur est ensuite creusé par les nageoires postérieures et prend la forme d'un cylindre (Wyneken et al., 2013). La ponte se déroule pendant une heure environ (Bourjea et al., 2017).

Ensuite, l'incubation, période durant laquelle l'embryon va se développer du stade cellulaire jusqu'à la formation d'un organisme capable d'être indépendant, va avoir lieu. La durée d'incubation correspond au nombre de jours entre la ponte et l'éclosion et peut durer de 48 à 72 jours suivant la plage, le climat et la période de l'année (Bustard, Greenham, 1968)(Broderick, Godley, 1996). Les conditions extérieures telles que la température, l'humidité, le potentiel en eau, la salinité et les niveaux de gaz respiratoires conditionnent le

développement embryonnaire (Booth, 2017). L'augmentation de la température du sable a une influence sur le développement embryonnaire et réduit la durée d'incubation des œufs (Booth, Astill, 2001b).

III.1.3. La vulnérabilité des œufs

Lors de leur incubation, la mortalité des œufs peut être due à des facteurs environnementaux tel que l'érosion de la plage de ponte (Abella et al., 2007). A la Réunion, la moitié des littoraux est considérée comme étant en érosion (Duvat, 2008). Selon les estimations en 2010, 76% des plages coralliennes entre Boucan Canot (Cap Champagne) et Saint-Leu (plage du cimetière), lieux principaux de pontes, tendaient à s'éroder. Bien que l'érosion soit naturelle, l'urbanisation des littoraux ne fait que l'amplifier (Mahabot, 2016). La dégradation de la végétation et la présence massive des activités humaines sur les littoraux induisent une érosion plus marquée. Ces dégradations sont susceptibles d'affecter le choix d'une plage de ponte par les tortues marines.

Le changement climatique est également une menace pour les tortues marines et leurs habitats (Hawkes et al., 2007). Il induit des événements climatiques de plus en plus extrêmes (hiver de plus en plus froid, été de plus en plus chaud et des cyclones de plus en plus intenses). Ces variations de température ont un impact important sur la viabilité des œufs. Idéalement, les températures d'incubation se situent entre 25°C et 34°C (Lutz et al., 2002). Bien que les nids plus chauds incubent plus rapidement, les embryons provenant de nids ayant des périodes d'incubation plus courtes ont une masse résiduelle de vitellus plus faible, ce qui influence le phénotype et le rendement de l'éclosion (Booth, Astill, 2001a). La température a également un impact sur le ratio mâle/femelle (Godley et al., 2002). Celui-ci varie en fonction de la température au cours du second tiers de l'incubation. La température "pivot" est un "seuil" auquel il y a 50% de femelles et 50% de mâles. Au-delà, les femelles seront prépondérantes et inversement. Ainsi les populations de tortues marines tendent à se féminiser avec le réchauffement climatique.

Pour finir, comme indiqué précédemment, les œufs sont victimes de braconnage dans de nombreux pays.

III.2. États des lieux des pontes à la Réunion

III.2.1. Bref historique

Au XVI^{ème} siècle, les récits de navigateurs témoignent de la présence d'importantes populations de tortues marines. Ces tortues étaient une source de nourriture et étaient chassées abondamment. Deux siècles plus tard, après plusieurs décennies d'exploitation, la surpêche et l'urbanisation du littoral ont entraîné une désertification des tortues et une raréfaction des pontes à la Réunion. De plus, l'introduction de prédateurs (rats, cochon, chiens...) des œufs et des nouveau-nés n'ont fait qu'aggraver ce phénomène. De 1950 à 2006, seulement quatre observations de nidification ont été enregistrées. En outre, les observations effectuées avec des ULM ont mis en évidence la présence de tortues vertes adultes autour de l'île et des accouplements ont été observés (Ciccione, Bourjea, 2006).

Avant l'entrée en vigueur de la réglementation de 1983, de nombreux œufs et nouveau-nés étaient importés des îles Eparses à la Réunion. Ces individus ont soit été relâchés soit ont participé à la création de la ferme CORAIL (COmpagnie Réunionnaise d'Aquaculture et d'Industrie Littorale) qui faisait déjà partie du plan de gestion des tortues marines. De ce fait, la maturité sexuelle étant atteinte vers l'âge de 17-19 ans pour les tortues en captivité, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse selon laquelle les tortues vertes qui ont été réintroduites dans les années 1980 pourraient être les mêmes que celles qui sont venues nicher à la Réunion en 2004 et 2005 et celles qui viennent pondre de nos jours.

III.2.2. De nos jours

A l'heure actuelle, les pontes sur les plages réunionnaises sont de plus en plus fréquentes, bien qu'elles restent encore bien en-dessous des valeurs enregistrées dans les îles voisines. Grâce à la multiplication de programmes de restauration des plages de pontes, de 2004 à 2019, 35 pontes de tortues vertes ont été observées sur quatre plages dont deux re-végétalisées par Kélonia et le CEDTM (Centre d'Étude et de Découverte des Tortues Marines). Ces pontes ont été réalisées uniquement par deux tortues vertes adultes, baptisées Emma et Gaby (cf. description III.4.1.).

III.3. Les sites de pontes à la Réunion

La tortue verte Emma pond sur la plage située entre le Cap Champagne et le Cap la Houssaye à Saint-Gilles (repère rouge sur la figure 6). Délimitée par un piton rocheux, la partie nord de cette plage est limitée par un mur de soutènement de la route. Durant ses cinq saisons de reproduction, Emma a nidifié dans cette zone préférentiellement mais également sur la partie plus au sud depuis la re-végétalisation de cette plage. En revanche, la partie nord de cette plage étant inondable en cas de forte houle, certains nids d'Emma en 2007 et 2013 ont dû être déplacés lors de cyclone sur la plage artificielle de Kélonia pour éviter la destruction des nids par les vagues.

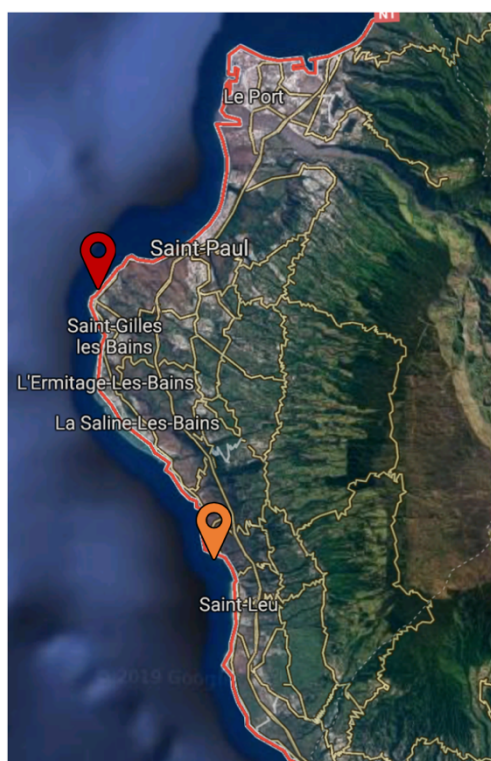


Figure 6: Sites de nidification d'Emma (repère rouge) et de Gaby (repère orange) sur la côte ouest de la Réunion (© Google Maps)

La plage de nidification d'Emma a une végétation originelle assez pauvre et peu diversifiée. Les zones de ponte de la plage sont composées uniquement d'une végétation basse. Il y a un faible couvert végétal par les lianes patate à Durant *Ipomoea pes-caprae*. Ces lianes, qui sont des plantes rampantes, sont capables de résister à l'eau de mer et limitent

l'érosion des plages. Cette plage fait l'objet d'un programme de restauration des plages de ponte.

Le premier nid de Gaby a été observé sur le milieu de la plage du Spot de la tortue et les trois autres nids sur la plage de la résidence Gabrielle (Saint-Leu) en 2011 (repère orange sur la figure 6). Elle est revenue pondre sur ces mêmes plages en 2018 à quelques mètres d'intervalles avec les données GPS de 2011. La plage de la résidence Gabrielle est très étroite et est soumise à inondation également, des nids ont été déplacés à Kélonia en 2011 et en 2018.

La plage du Spot de la Tortue fait l'objet d'un programme de restauration depuis 2010. Actuellement, elle est composée de différentes strates idéales pour un site de ponte de tortue marine. La zone supra-littorale est composée de sable nu et possède un fort recouvrement par les lianes patate à *Durant Ipomoea pes-caprae*. La strate arbustive est quant à elle composée de veloutier bord de mer *Heliotropium foertherianum* et de manioc marron *Scaevola taccada*. Dans la zone *ad-littorale* (arrière plage), nous retrouvons une plante exotique envahissante à La Réunion, le brède Zépinard soit *Tetragonia tetragonioides*.

Sur la zone *ad-littorale* de la plage de la Résidence Gabrielle, nous retrouvons également la plante "Zépinard", quelques filaos à feuille de prêles *Casuarina equisetifolia*. La biodiversité végétale originelle de la plage de la résidence Gabrielle est pauvre. Ainsi, le haut de plage de la zone sud fait l'objet d'une re-végétalisation.

III.4. La prise en charge des pontes par Kélonia

III.4.1. Les pontes d'Emma et de Gaby

Comme indiqué précédemment, seulement deux tortues vertes pondent à La Réunion. Elles sont connues des équipes de Kélonia et du CEDTM grâce à la photo-identification. En effet, ces deux tortues appartiennent à la base de données des tortues marines du sud-ouest de l'océan Indien (TORSOOI, III.4.2) et les photos de leurs profils nous permettent d'affirmer leur identité.

Emma est une femelle tortue verte Cm qui pond sur la plage de Boucan-Canot depuis 2007. Emma est revenue au cours de ces quatre années en 2010, 2013, 2015 et 2018. Les dates de pontes se situent entre décembre de l'année n et mars de l'année n+1. Cette

période correspond à l'été austral à la Réunion. En moyenne l'intervalle de remigration de Emma est de 1 035 jours soit environ 2 ans et 10 mois (minimum : 2 ans et 5 mois ; maximum : 3 ans). Pour Emma, un total de 39 traces a été compté sur les plages de Boucan-Canot. Sur ces 39 traces, 15 sont des traces ayant abouti à une ponte, 18 sont des traces n'ayant pas abouti à une ponte et 6 sont des traces de ponte inconnue. Le succès de ponte moyen de Emma est de 0,41 (rang : 0,25-1), il entre dans les valeurs trouvées à Tromelin et Grande-Glorieuse. L'intervalle inter-ponte moyen est de 14,5 jours (rang : 12-18). Il est semblable à celui mesuré à Tromelin (14 jours) (Données non publiées).

Tableau 1: Informations sur les pontes d'Emma ((© TORSOOI/rapport non publié Muriel Osiris, 2019)

Saison			Intervalle de remigration	Nombre de ponte	Succès de ponte	Intervalle inter-ponte moyen (Jours)
Début	Médiane	Fin				
27/01/2007	-	27/01/2007	-	1	0,33	
09/01/2010	-	09/01/2010	2 ans et 5 mois	1	1	
08/01/2013	04/02/2013	03/03/2013	3 ans	4	1	18
22/12/2015	14/01/2016	07/02/2016	2 ans et 11 mois	5	0,21	12
26/11/2018	23/12/2018	20/01/2019	2 ans et 11 mois	5	0,42	14

Quant à Gaby, femelle tortue verte également, elle pond sur les plages de Saint-Leu sur différents sites : la plage de la résidence Gabrielle, la plage du Spot de la Tortue. Contrairement à Emma qui pond de manière régulière, seules deux saisons de reproduction ont été observées pour Gaby : 2011 et 2018 durant l'hiver austral. Des traces ont cependant été observées en septembre 2013 sur la plage de la Résidence Gabrielle. L'intervalle de remigration de Gaby, entre la dernière ponte de 2011 et la première ponte de 2018, est de 2 411 jours soit environ 6 ans et 7 mois. Il se peut que les pontes de cette tortue verte aient été ratées ou que cette tortue ait nidifié ailleurs. Quinze traces ont été observées sur les plages du Spot de la Tortue et de la résidence Gabrielle. Sur ces 15 traces, 9 sont des traces ayant abouti à une ponte et 6 sont des traces n'ayant pas abouti à une ponte. Le succès de ponte moyen de Gaby est de 0,65, ce qui est semblable à celui calculé à Grande-Glorieuse. L'intervalle inter-ponte moyen de Gaby qui est de 19 jours, est supérieur aux valeurs mesurées à Grande-Glorieuse ainsi qu'à Tromelin. En 2018, l'intervalle inter-ponte de Gaby était de 20,7 jours. Cette valeur semble être largement supérieure à celles trouvées dans la littérature.

Tableau 2: Informations sur les pontes de Gaby ((© TORSOOI/rapport non publié Muriel Osiris, 2019)

Saison			Intervalle de remigration	Nombre de ponte	Succès de ponte	Intervalle inter-ponte moyen (Jours)
Début	Médiane	Fin				
05/08/2011	05/09/2011	06/10/2011	-	4	0,80	21
13/05/2018	10/06/2018	20/07/2018	6 ans et 7 mois	5	0,50	17

III.4.2. La surveillance des nids et la base de données TORSOOI

Lorsqu'une trace de ponte de tortue est observée ou qu'une tortue est repérée en train de pondre, l'équipe de Kélonia et du CEDTM se rend immédiatement sur place. Lors de la saison des pontes, l'équipe de Kélonia surveille jour et nuit l'arrivée de ces deux tortues puis l'équipe veille sur les nids durant toute la période d'incubation. En effet, les nids doivent être surveillés pour éviter les prédateurs, les actes malveillants de l'Homme ou tout simplement les mauvaises conditions naturelles (cyclone, forte houle...). En cas de danger imminent, les nids sont déplacés sur la plage artificielle de Kélonia, toutefois la majorité des nids sont laissés en place. Toutes les données récoltées sont ajoutées dans la base de données TORSOOI (Chassagneux et al., 2013).

TORSOOI acronyme signifiant « Tortues marines du Sud-Ouest de l'Océan Indien » est une base de données créée par Kélonia et l'Ifremer en partenariat avec l'Université de la Réunion et l'Institut de Recherche pour le Développement. Elle rassemble toutes les données sur les tortues marines collectées dans le cadre d'études de suivi des populations et des individus dans plusieurs territoires et pays du Sud-Ouest de l'océan Indien. Cette base de données existe depuis 2010 et permet d'uniformiser les protocoles et le format des données afin d'optimiser leurs analyses. TORSOOI regroupe un ensemble de données relatives au suivi individuel des tortues marines (bague, transpondeur, photo-identification (Carpentier et al., 2016)), au suivi de la reproduction (comptages des traces, suivi des pontes et suivi des nids), aux captures accidentelles et aux mortalités.

III.4.3. L'excavation des nids et les soins des nouveau-nés au centre de soins

Lors de l'éclosion des nids, les nouveau-nés émergés (E) regagnent l'océan après avoir été préalablement comptabilisés et photo identifiés (Carpentier et al., 2016). Certaines tortues peuvent être faibles, blessées (prédation, mauvaise fermeture du cordon ombilical...) ou déformées (anomalies congénitales, mauvaises conditions d'incubation...), elles seront alors prises en charge par le centre de soins (CDS). De plus, certaines tortues ne sortiront pas du nid par leurs propres moyens, mais grâce à l'aide des scientifiques 72 heures après l'éclosion. C'est étape se nomme l'excavation des nids ou le creusement des nids. Il est nécessaire de creuser verticalement depuis le cône d'émergence jusqu'au sommet de la chambre d'incubation. Il faut poursuivre le creusement délicatement afin de récupérer tous les morceaux de coquilles d'œuf, les œufs entiers ou les nouveau-nés (morts ou vivants) trouvés, et les regrouper par catégorie. L'arrêt du creusement a lieu quand plus aucune coquille n'est trouvée. Puis, on mesure alors la profondeur du nid (au dernier œuf trouvé et jusqu'au niveau du sol) à l'aide d'un mètre ruban maintenu à la verticale. Par la suite, on commence par comptabiliser le nombre de nouveau-nés vivants dans le nid (L) afin qu'ils puissent repartir le plus rapidement possible à l'eau si leur vivacité le permet. Puis, on compte le nombre de nouveau-nés morts dans le nid (D) et ensuite le nombre de coquilles vides (S). Pour finir, il est important de remettre tous les œufs et cadavres dans le nid, puis reboucher avec du sable.

En bilan, l'étude des nids permet de dénombrer :

- Les coquilles vides (S)
- Les éclos vivants non-émergés (L)
- Les éclos morts dans le nid (dont ceux victimes de prédation) (D)
- Les non-éclos avec embryon à terme (NE)
- Les non-éclos avec embryon visible (ND)
- Les non-éclos sans embryon (NF)
- Les œufs consommés par des prédateurs (P)

Ensuite, les tortues sont acheminées au CDS afin de leur prodiguer des soins et leur permettre de grandir en captivité pour leur donner une chance de survie dans le milieu

extérieur lorsqu'elles seront relâchées. Actuellement, il n'y a pas de protocole de soins précis mis en place lors de la prise en charge de ces tortues, ceci est donc l'objet de cette thèse. Le but de cette prise en charge est de sauver un maximum d'individus afin de participer activement à la sauvegarde de la tortue verte qui est actuellement classée « en danger d'extinction » (IUCN, 2013) et plus particulièrement sur une île où seulement deux tortues viennent pondre.

IV. Kélonia : L'observatoire des tortues marines

IV.1. Localisation de Kélonia

Kélonia, l'observatoire des tortues marines est situé à l'île de la Réunion, dans l'ouest de l'océan Indien, dans l'hémisphère sud (Figure 2). Kélonia est situé sur la côte ouest de l'île ($21^{\circ}9'90''\text{S}$ $005^{\circ}16'47''\text{E}$) dans la ville de Saint-Leu (Figure 7).

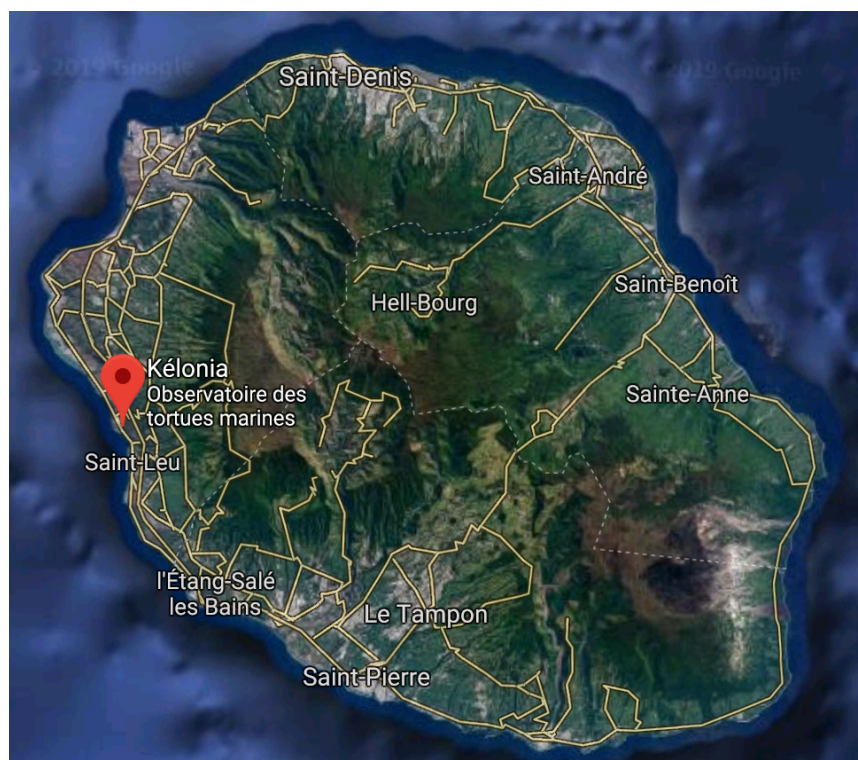


Figure 7: Localisation géographique de Kélonia à Saint-Leu sur l'île de la Réunion (© Google Maps)

IV.2. Historique de Kélonia

Depuis 1975, un endroit dédié aux tortues marines existe à Saint-Leu, sur la côte ouest de l'océan Indien. A cette époque, ce lieu abritait la ferme CORAIL gérée par une société privée. Le site était une ferme d'élevage des tortues vertes à des fins commerciales. Dans ce ranch, près de 6 000 tortues y ont été élevées (Lebrun, 1975). La ferme CORAIL était un important pilier économique à la Réunion. En effet, la tortue était convoitée pour sa chair et la confection d'objets de maroquinerie et de joailleries grâce à ses écailles. Sa surexploitation et le manque de connaissances entraînèrent le déclin des populations. (PNA, 2015)

Après une dizaine d'années d'activité, la commercialisation des produits du ranch se heurte à des législations internationales et nationales restrictives. En 1981, le commerce international de tortues marines est interdit, mais le marché local est maintenu. Par un arrêté préfectoral, les tortues marines à la Réunion entrent sous un statut de protection en 1983. Il est ainsi interdit de prélever et de détruire les tortues et leurs œufs. En revanche, l'élevage des tortues prélevées sur les îles d'Europa et Tromelin à la Réunion dans le cadre de la Ferme CORAIL est autorisé. En 1989, la Région Réunion acquiert l'exploitation. En 1994, le Ministère de l'Environnement décide d'arrêter l'élevage commercial des tortues marines sur ce site sous la pression des associations pour la défense de l'environnement. En 1995 est alors entamée une reconversion de la Ferme CORAIL en un établissement de recherche scientifique et de sensibilisation dédié aux tortues marines. Un premier centre de sensibilisation est ouvert au public en 1998 avec les tortues terrestres et marines de l'ancienne ferme et un centre de soins est mis en place. Puis, un nouveau centre de découverte voit le jour en 2006 grâce au cofinancement du FEDER (Fonds Européen de Développement Régional) et de la Région Réunion. L'appellation « Kélonia » est alors choisie en référence au nom scientifique de la tortue, la plus présente dans les eaux réunionnaises : la tortue verte *Chelonia mydas*, avec une créolisation par l'usage du « K ». Stéphane Ciccione, biologiste présent à l'époque de la ferme CORAIL est depuis le directeur de Kélonia. Depuis 2013, la Réunion des Musées Régionaux (RMR), société publique locale, assure l'administration générale de Kélonia et des autres musées de la Réunion.

IV.3. Les missions de Kélonia

En partenariat avec l'association CEDTM (Centre d'Étude et de Découverte des Tortues Marines) et d'autres établissements d'études des tortues marines répartis à travers le monde, Kélonia œuvre pour la conservation des tortues marines du sud-ouest de l'océan Indien mais également dans le monde entier. Il est organisé en deux parties : (i) un musée et sa boutique ouverts au grand public et (ii) le centre de soin fermé au public. Kélonia a pour principales missions la sensibilisation du grand public à la biologie des tortues marines, les menaces auxquelles elles doivent faire face, les soins des tortues marines blessées ou malades et le développement de programmes de recherche scientifique pour la protection des tortues marines dans leurs habitats naturels (Ciccione et al., 2011).

IV.3.1. Le centre de soins

Kélonia possède un centre de soins doté d'un agrément ministériel. Ce centre de soins (CDS) a pour objectif de soigner les tortues marines malades ou blessées dans l'optique de les relâcher après rétablissement dans leur milieu naturel. Le centre de soins accueille des tortues à tous les stades de développement (œuf, nouveau-né, juvénile, sub-adulte et adulte). Le CDS prend également en charge des tortues terrestres éléphantines (*Dipsochelys elephantina*) et étoilées de Madagascar (*Astrochelys radiata*) blessées ou léguées par des particuliers. Les tortues terrestres ne sont pas relâchées dans leur milieu naturel.

Le site dispose de bassins individuels dans lesquels les tortues sont soignées quotidiennement par l'équipe de soigneurs. Elles sont d'abord placées dans un bassin de convalescence individuel, puis dans un bassin d'acclimatation en attendant d'être relâchées en mer. Chaque bassin présent à Kélonia est une étape de rétablissement. Il est également doté d'une plage artificielle sur laquelle les nids de tortues peuvent être relocalisés en cas de menaces imminentes (cyclone...).

IV.3.1.1. L'organisation des locaux

Le centre de soins dispose d'une grande salle, nommée « laboratoire », d'une plateforme de travail, de bassins de convalescences individuels puis de différents bassins de convalescence : le bassin « reproduction », « tactile », « mâle », « femelle » puis un dernier bassin de réhabilitation qui mime les conditions de vie sauvage nommé le « grand bassin » (Figure 8). Les dénominations de ces bassins n'ont plus de signification particulière depuis la ferme CORAIL. Les animaux ne sont pas repartis dans les bassins selon leur sexe et aucune reproduction n'est réalisée sur le site.



Figure 8: Vue aérienne de Kélonia (©Laura Hebrard) (Légende : 1-Bassin « reproduction », 2-Bassins de convalescence individuels, 3-Bassin « femelle », 4-Bassin « mâle », 5-Grand bassin, 6-Bassin « tactile », 7- « Laboratoire » du CDS, 8-Station de pompage et de filtration, 9-Plage artificielle, 10-Canal « crise »).

Kélonia étant situé au bord de l'océan, l'eau est directement pompée dans la mer grâce à quatre pompes puis filtrée dans des filtres à sables et à UV. Ces deux pompes alimentent l'ensemble des bassins et permettent un taux de renouvellement de l'eau toutes les heures de 100% dans les bassins individuels. Ce système évite la stagnation de l'eau et permet d'empêcher les écarts de température importants dans ces bassins.

IV.3.1.2. L'équipe du centre de soins

L'équipe du centre de soins est composée de quatre soigneurs et un technicien soigneur. Le responsable de cette équipe est Mathieu Barret, biologiste marin. Le centre de soins travaille en collaboration avec un ingénieur de recherche, Claire Jean, qui travaille pour Kélonia et le CEDTM.

Le cheptel de tortues marines est suivi par les docteurs vétérinaire Francis Schneider et Antoine Ragé de la clinique VETORUN située à Saint-Pierre. Le docteur Schneider effectue des visites sanitaires mensuelles sur site pour mettre en place des soins adaptés à chaque individu, suivre l'état sanitaire du cheptel en captivité et effectuer des formations aux soigneurs. Le docteur Schneider effectue des prélèvements sanguins afin de réaliser des analyses hématologiques avant chaque remise en liberté. Il fait également des prélèvements sur les tortues malades afin de réaliser par exemple des analyses bactériologiques, mycologiques, des hémocultures. Cette visite permet également de s'assurer que les tortues prennent du poids et que les traitements mis en place sont efficaces.

Lors d'intervention chirurgicale ou de radiographies, les tortues sont directement amenées à la clinique à Saint-pierre où une salle leur est entièrement dédiée.

IV.3.1.3. Les individus pris en charge

Le centre de soins de Kélonia est le seul présent dans le SOOI même si un projet est actuellement en cours sur l'île de Mayotte. Quatre espèces peuvent être retrouvées à Kélonia : la tortue verte, la tortue imbriquée, la tortue olivâtre, la tortue caouanne.

Depuis 2001, le centre de soins a recueilli 352 tortues marines dont 69 tortues vertes, 41 tortues imbriquées, 214 tortues caouannes et 28 tortues olivâtres.

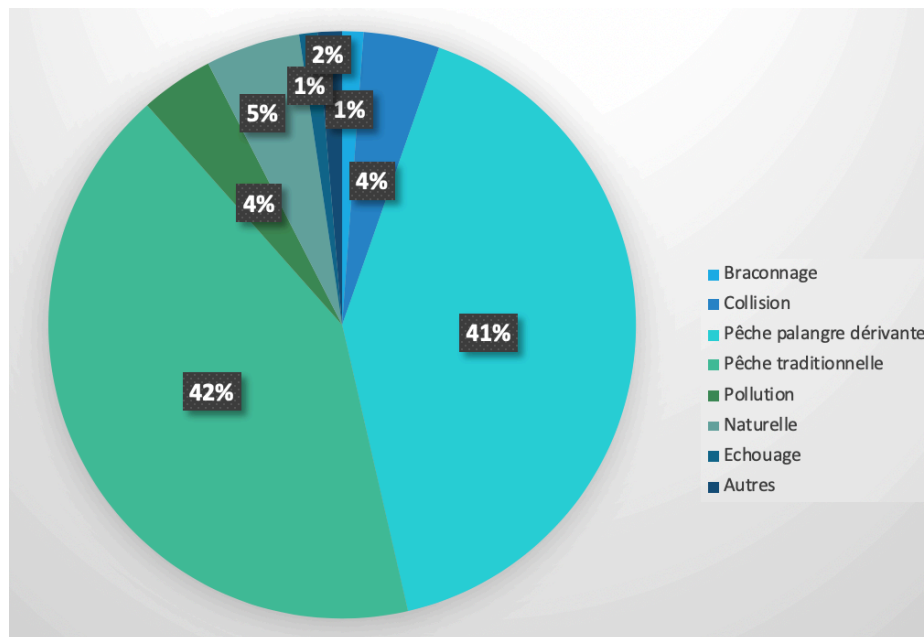


Figure 9: Diagramme répertoriant les causes d'arrivées au centre de soins (données du CDS)

Les causes d'arrivées sont diverses (Figure 9) :

- Le braconnage
- Les collisions avec des bateaux
- La pêche accidentelle traditionnelle ou à l'aide de palangre dérivante
- La pollution (engins de pêche, hydrocarbures, plastiques)
- Naturelle (maladies, parasitismes...)
- Les échouages
- Autres causes : filets fantômes à la dérive, malformations...

Grâce à la sensibilisation des populations dès le plus jeune âge, le braconnage est peu présent à La Réunion contrairement à certaines îles voisines comme Mayotte ou Madagascar par exemple.

La pêche accidentelle représente la cause d'arrivée principale. Les palangres dérivantes sont un réel danger pour les tortues caouannes et olivâtres dont le régime alimentaire est principalement carnivore. En effet, les tortues carnivores se retrouvent prisonnières des hameçons. Elles seront ramenées au CDS par les pêcheurs consciencieux. De ce fait, Kélonia et plus particulièrement le CDS réalise des campagnes de sensibilisation pour les pêcheurs pour qu'ils deviennent acteurs de la protection des tortues marines. Ces actions semblent fonctionner car de plus en plus de pêcheurs contactent le CDS lorsqu'ils retrouvent

une tortue dans leurs filets. Ils ramènent alors la tortue au CDS où elle sera prise en charge puis opérée à la clinique VETORUN.

Lors d'échouage, si les tortues sont décédées, elles sont directement autopsiées au CDS par le docteur Schneider afin de déterminer la cause de la mort.

Quelle que soit la cause d'arrivée de la tortue, l'objectif de Kélonia est de soigner puis réhabiliter et enfin relâcher la tortue dans son milieu naturel.

IV.3.1.4. L'organisation des tâches et des soins

Lorsqu'une tortue marine est acheminée au CDS, elle va être mise en quarantaine dans un bassin individuel. Elle sera ensuite pesée, mesurée (prise de la longueur droite (LD) et de la longueur courbe (LC) de sa carapace) par les membres de l'équipe du CDS. Les mesures de la LC et de la LD de la carapace se font au demi-centimètre inférieur près à l'aide d'un mètre ruban pour la LC et d'un pied à coulisse pour la LD. Ces mesures permettent d'une part d'estimer approximativement le stade de maturité de l'animal et, d'autre part, de suivre sa croissance durant sa réhabilitation.

Ensuite, elle recevra des soins en fonction de sa cause d'arrivée : opération afin de lui retirer un hameçon ou un parage de plaie par exemple. Puis, un protocole médicamenteux (antibiotiques, antiparasitaire...) est mis en place sur tous les nouveaux arrivants. Ce protocole est disponible en Annexe 4.

Par ailleurs, le vétérinaire et le responsable du CDS vont mettre en place un traitement et une ration alimentaire adaptée en fonction du statut physiologique de l'animal, de l'espèce rencontrée et de son état de santé. Les soigneurs seront garants de l'administration du traitement et devront s'assurer que la tortue mange la totalité de sa ration après les distributions alimentaires. Ces informations seront communiquées à l'ensemble de l'équipe grâce à un cahier de suivi. Les soigneurs devront vidanger et nettoyer le bassin deux fois par jour.

IV.3.1.5. La surveillance des nids et le recueil des nouveau-nés après l'éclosion des nids.

Lors de la saison des pontes, l'équipe de Kélonia surveille l'arrivée d'Emma et Gaby sur les plages puis l'équipe veille sur les nids durant toute la période d'incubation jusqu'à 72h après l'éclosion avant d'effectuer l'excavation des nids (Cf III.4.3.)

Lors de l'éclosion puis de l'excavation, les nouveau-nés de tortues vertes blessés, déformés ou victimes de prédation sont acheminés au CDS afin de leur prodiguer des soins et qu'ils se développent en captivité afin de leur donner une chance de survie dans le milieu extérieur lorsqu'ils seront relâchés. Le but de cette prise en charge est de sauver un maximum d'individus pour participer activement à la sauvegarde de la tortue verte qui est actuellement classée « en danger d'extinction » (IUCN, 2013).

En revanche, le recueil de ces nouveau-nés au CDS représente une charge de travail considérable pour l'équipe du CDS car ces nouveau-nés sont très fragiles et demandent une attention et des soins quotidiens. Actuellement, les nouveau-nés sont transportés de la plage au CDS dans l'obscurité et au sec dans des sacs en toile. Ils sont alors disposés dans des bassins par deux ou trois individus. Les nouveau-nés reçoivent des soins si nécessaire. Ils ne seront nourris que trois jours après leur arrivée, lorsque leur réserve vitelline sera épuisée.

IV.3.2. Les programmes de sensibilisation du grand public

Kélonia accueille chaque année 160 000 visiteurs dont 20% de scolaires. La sensibilisation du grand public est assurée par les visites guidées du centre Kélonia, des ateliers pour les enfants réalisés par le service pédagogie, des ateliers participatifs comme la végétalisation des plages de pontes par des espèces de plantes endémiques de la Réunion. De plus, une salle de l'espace muséographique est dédiée à la pollution plastique qui est un des fléaux qui impacte les tortues marines.

IV.3.3. Les programmes scientifiques réalisés à Kélonia et au CEDTM

Kélonia travaille en partenariat avec le CEDTM pour optimiser la préservation et la conservation des tortues marines et de leur habitat.

Kélonia et le CEDTM travaillent également en partenariat avec de nombreux organismes internationaux comme le Memorandum of Understanding on the Conservation and Management of Marine Turtles and their Habitats of the Indian Ocean and South-East Asia

(IOSEA Marine Turtle MOU), l'Union pour la Conservation de la Nature (IUCN) et nationaux comme le groupe des tortues marines en France (GTMF), l'Initiative Française sur les Récifs Coralliens (IFRECOR). Parmi ces partenaires, des partenaires locaux sont présents. Le plus ancien est l'IFREMER auquel sont venus s'ajouter la Réserve Marine de La Réunion, le Conservatoire Botanique National de Mascarin, la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL Réunion).

Kélonia constitue un pôle de recherche scientifique conséquent qui étudie de nouvelles techniques d'identification (Carpentier et al., 2016), la structure des populations de tortues vertes dans l'océan indien (Bourjea et al., 2015), l'alimentation ou encore l'habitat des tortues (Bourjea et al., 2015). Récemment, l'équipe du CEDTM a créé "La minute quiétude" une nouvelle chaîne YouTube qui rappelle les règles élémentaires de "l'approche et l'observation responsables des mammifères marins et des tortues marines."

DEUXIEME PARTIE

I. État des lieux du protocole de soins prodigués aux tortues nouveau-nés du centre Kélonia, comparaison avec la littérature

Depuis 2010, lors de l'excavation des nids à la Réunion, les nouveau-nés de tortues marines faibles, blessés ou déformés sont ramenés au centre de soins Kélonia. Les tortues sont récupérées uniquement si elles semblent inaptes à rejoindre l'océan. L'accueil de ces nouveau-nés a pour but de sauver un maximum d'individus pour préserver la tortue verte sur un site où seulement deux tortues viennent pondre.

Relativement peu de données existent sur l'accueil des nouveau-nés en captivité dans la littérature, le protocole de soins de Kélonia a donc été établi grâce à ces données et il se perfectionne d'année en année. Nous allons étudier chaque étape de ce protocole.

I.1. Le transport des tortues marines nouveau-nés de la plage vers le centre de soins

Après l'excavation, un triage des nouveau-nés est effectué. Seules les tortues nécessitant une prise en charge au CDS sont rapportées à Kélonia, les autres sont immédiatement relâchées dans l'océan.

Le transport de la plage vers le centre de soins est une étape délicate car les nouveau-nés sont vulnérables à ce stade de leur vie. Seules les personnes habilitées peuvent transporter ces nouveau-nés et la durée du transport doit être la plus courte possible. D'après Bluvias et Eckert (2010), les nouveau-nés doivent être placés dans des bacs rigides contenant du sable humide. Si le sable est trop sec, les jeunes tortues peuvent se déshydrater. Pour y remédier, un brumisateur peut être utilisé en cas de forte chaleur. Les nouveau-nés ne doivent pas être placés dans l'eau, la nage gaspillerait de l'énergie. Durant le transport, un opérateur doit surveiller les tortues et s'assurer que les caisses de transport soient bien fixées de sorte qu'elles ne glissent pas.

A la Réunion, la distance entre la plage et le CDS est relativement courte donc les nouveau-nés sont simplement transportés dans des bacs secs et à l'obscurité. En revanche,

les nouveau-nés sont manipulés sans gants et parfois par plusieurs opérateurs. Cette pratique est contestable car elle peut renforcer la transmission de germes entre les individus débilisés.

I.2. L'arrivée au centre de soins

I.2.1. Le marquage

Comme les nouveau-nés sont difficiles à distinguer les uns des autres, il est indispensable de les identifier dès le début pour faciliter le suivi. Auparavant, les nouveau-nés étaient marqués à l'aide d'une résine sur une écaille de la carapace mais sa tenue dans l'eau de mer n'était pas optimale. Les soigneurs devaient recommencer régulièrement le marquage et cette méthode entraînait des manipulations et du stress en plus pour les nouveau-nés. Depuis cette année, un marqueur peinture permanent non toxique est utilisé. Un code simple d'identification existe : si la tortue est identifiée sur l'écaille costale numéro 3 à droite, elle se nommera CD3 (Figure 10) par exemple. Ce marquage n'est pas une marque permanente et une nouvelle application peut être nécessaire en fonction de la durée du séjour.



*Figure 10: Marque d'identification sur une tortue verte nouveau-nés au centre de soins Kélonia (Cm)
(© Laura Hébrard)*

D'autres scientifiques comme Bluvias et Eckert (2010) emploient une autre option qui consiste à conserver les nouveau-nés dans des paniers individuels perforés et étiquetés avec le nom de l'animal. Cette technique facilite la tâche des opérateurs mais restreint l'espace de vie de l'animal, elle n'est pas utilisée à Kélonia.

1.2.2. La réalisation de photographies et saisie des données de localisation

La réalisation de clichés photographiques de chaque individu est nécessaire pour l'identifier et pour la réalisation du suivi au cours du temps. Actuellement, cette étape n'est pas toujours réalisée lors de l'arrivée des nouveau-nés, le plus souvent par manque de temps ou de personnel, mais cette étape est essentielle pour recueillir par la suite des données précises.

Premièrement, il faut réaliser une photographie correspondant à une vue générale de l'animal (face dossière, face plastron et les deux côtés), des lésions visibles (ombilic mal refermé, déformations de la carapace, lésions de prédation...) puis les deux profils de tête (droit et gauche, si possible) des tortues observées afin d'assurer la photo identification de chaque individu (Figure 11). Pour réaliser la photo identification, des règles simples sont à appliquer (Carpentier et al., 2016). Il faut s'assurer que la totalité du profil soit visible (de l'œil jusqu'au cou), c'est-à-dire que le cou soit étiré pour voir le profil entier, que le sable soit retiré pour qu'il ne masque pas les écailles. Ces photos sont ensuite ajoutées dans la base de données TORSOOI par les responsables de cette base, Claire Jean et Alice Carpentier.

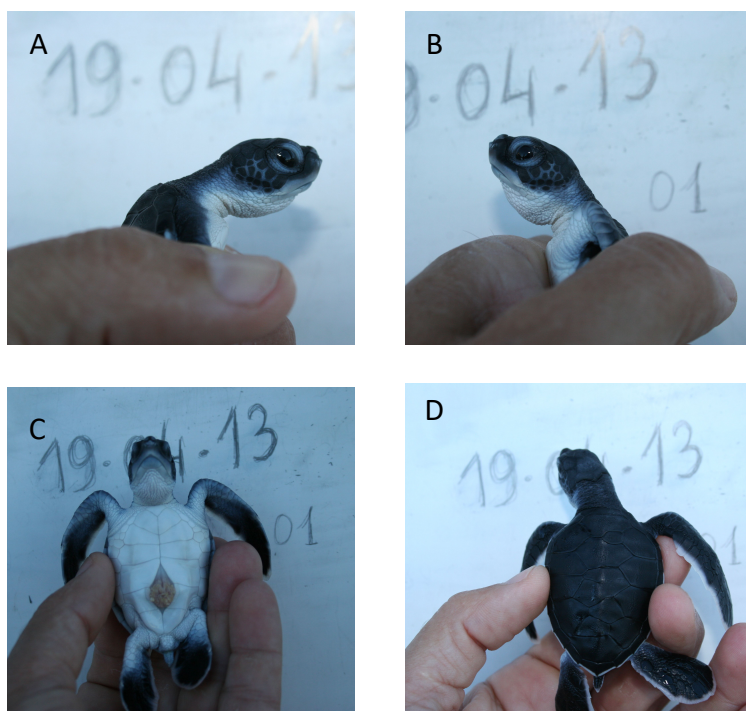


Figure 11: La réalisation de photographies lors de l'arrivée au CDS des nouveau-nés (A : profil droit, B : profil gauche, C : plastron et anomalies de fermeture de l'ombilic, D : carapace) (©Mathieu Barret/ Claire Jean)

Deuxièmement, pour chaque tortue, la date et le lieu d'excavation (plage et position GPS) et l'espèce (*Cm*) seront également notés afin d'avoir un maximum de données sur ces tortues.

1.2.3. Le premier examen clinique

Dès l'arrivée au centre, une inspection visuelle est réalisée sur chaque nouveau-né. Actuellement, les anomalies observées sont notées sur le cahier du CDS. Ce cahier n'est pas réservé aux nouveau-nés, c'est le cahier de suivi de tous les individus présents à Kélonia. Chaque jour, les informations concernant les soins réalisés, l'alimentation ou les changements de comportement des individus sont inscrites par les soigneurs sur ce cahier. Il permet d'assurer la transmission d'informations sur chaque patient entre les soigneurs et également avec le responsable du CDS. De plus, grâce à ce système, toutes les données de tous les individus de Kélonia sont inscrites sur cet unique registre. Malheureusement, ce cahier n'est pas toujours rempli de manière précise et il est parfois difficile de retrouver des informations. Par exemple, la cause d'arrivée est rarement indiquée, c'est-à-dire que sur un même nid on ne sait pas si la tortue a été récupérée car elle était faible, blessée ou déformée. Afin de réaliser un suivi plus précis et d'avoir une homogénéisation des pratiques, un tableau récapitulatif a été adapté aux nouveau-nés d'après le chapitre « Physical examination » et « appendix 9 » du livre « Sea turtle Health and Rehabilitation » (Tristan, Norton, 2017) et le protocole d'accueil des tortues marines adultes du centre de soins de Polynésie Française « Te mana O Te Moana ».

Ce tableau (Tableau 3) permet aux opérateurs de réaliser un examen clinique succinct en fonction des différentes parties du corps de l'animal.

Tableau 3: Tableau récapitulatif de l'examen clinique à réaliser lors de l'arrivée des nouveau-nés au centre de soins de Kélonia

Partie du corps	Anomalies ?	OUI/ NON
Tête	Lésions (<i>Localiser sur le schéma ci-dessous</i>)	
	Bec blessé	
	Rétraction de la tête quand elle est un peu étirée	
	Ouverture normale de la bouche	
Voies aériennes supérieures	Approcher de la tête, écouter les bruits respiratoires	
	Narines bouchées	
	Respiration régulière	
	Sifflements	

Yeux	Réflexe oculaire
	Lésions (<i>Préciser sur le schéma ci-dessous</i>)
	Yeux crevés
Plaies externes	Ombilic résorbé
	Présence des plaies (<i>Localiser sur le schéma ci-dessous</i>)
	Déformations (<i>Préciser sur le schéma ci-dessous</i>)
Nageoires	Lésions
	Reflexe de retrait après pincement ou stimulation
Région uro-génitale	Anomalies visibles
	Bon tonus du cloaque
Nage et apnée	Nage normale
	Plongée normale
	Problème de flottabilité
	Si oui, penche à droite ou à gauche

I.2.4. Bilan et propositions d'améliorations

Grâce à l'analyse des données depuis 2010 et les discussions avec les personnes présentes lors de l'excavation des nids, nous nous sommes rendu compte que les étapes après l'excavation des nids ne sont pas toujours réalisées. Pour remédier à ce dysfonctionnement, la mise en place de consignes précises a été choisie afin d'uniformiser les pratiques et de récolter des données rigoureusement. Pour cela, nous avons décidé de mettre en place une fiche d'arrivée individuelle pour chaque émergente secourue. J'ai réalisé un prototype que nous avons adapté grâce aux attentes et à l'expérience de l'équipe du CDS. Cette fiche (Figure 12) devra être mise en œuvre systématiquement lors de chaque excavation de nid.

De plus, le port de gants n'est actuellement pas toujours respecté lors des manipulations des nouveau-nés. Dorénavant, le port de gants sera obligatoire pour toutes les manipulations.

Fiche d'arrivée : émergente secourue au CDS de Kélonia

Nom et marquage de la tortue :

☐ Marquage de la tortue

Secourue par :

Date d'arrivée au centre de soins :

Transfert vers le CDS avec :

Date d'émergence du nid :

Date d'excavation du nid :

ID Nid :

Circonstances de la découverte : ☐ Découverte à l'émergence ☐ Excavation ☐ Autre

Espèce :

LCC (en cm) :

LD (en cm) :

Poids (en kg) :

État général à l'arrivée : ☐ Très mauvais ☐ Mauvais ☐ Neutre ☐ Bon ☐ Très bon

Comportement : ☐ Actif ☐ Mouvements occasionnels ☐ État de faiblesse ☐ Apathie totale

Prélèvements réalisés : ☐ Échantillon génétique ☐ Autres

Photo : ☐ photo ID

☐ photos des lésions

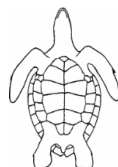
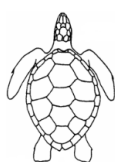
Cause : ☐ Prédation ☐ Malformation ☐ ombilic mal cicatrisé ☐ Désorientation ☐ Bloquée dans nid ☐ Autre

Précisions sur la cause :

Examen clinique initial : Remplir le tableau ci-dessous

Partie du corps	Anomalies ?	OUI/ NON
Tête	Lésions (<i>Localiser sur le schéma ci-dessous</i>)	
	Bec blessé	
	Rétraction de la tête quand elle est un peu étirée	
	Ouverture normale de la bouche	
Voies aériennes supérieures	Approcher de la tête, écouter les bruits respiratoires	
	Narines bouchées	
	Respiration régulière	
	Sifflements	
Yeux	Réflexe oculaire	
	Lésions (<i>Préciser sur le schéma ci-dessous</i>)	
	Yeux crevés	
Plaies externes	Ombilic résorbé	
	Présence des plaies (<i>Localiser sur le schéma ci-dessous</i>)	
	Déformations (<i>Préciser sur le schéma ci-dessous</i>)	
Nageoires	Lésions	
	Reflexe de retrait après pincement ou stimulation	
Région uro-génitale	Anomalies visibles	
	Bon tonus du cloaque	
Nage et apnée	Nage normale	
	Plongée normale	
	Problème de flottabilité	
	Si oui, penche à droite ou à gauche	

Description des plaies/anomalies : *numéro et position à indiquer par des flèches sur les dessins, ajouter les détails correspondants à chaque numéro sur les lignes (profondeur des plaies, présence de sang, cicatrisation...)*



.....

.....

.....

.....

.....

Figure 12: Fiche d'arrivée des émergentes secourues au CDS de Kélonia (© Laura Hébrard)

I.3. Les premiers soins et précautions

Les tortues marines sont des animaux sauvages. Par conséquent, elles sont sensibles au stress et aux manipulations. Il est idéal de limiter au maximum les interactions avec l'Homme. Ces animaux sont destinés à être relâchés dans leur milieu naturel, ils ne doivent pas être habitués à la présence humaine.

I.3.1. La contention et la manipulation

I.3.1.1. Les techniques de contention

La contention d'un nouveau-né demande de la délicatesse et le port systématique de gants. L'objectif est de garantir la sécurité de l'animal et d'éviter la transmission de germes entre les individus.

L'animal est attrapé délicatement par la carapace dans son bassin. Lors de manipulation, soit l'opérateur positionne sa main au-dessus ou au-dessous de la carapace avec son index et son majeur autour de la tête de la tortue soit il positionne ses mains de chaque côté de l'animal de manière à plaquer ses nageoires antérieures le long de son corps (Figure 13). Ces techniques permettent de limiter le battement des nageoires antérieures afin d'éviter des traumatismes pouvant causer des plaies, des chutes ou encore des fractures (Bluvias, Eckert, 2010).



Figure 13: Les différentes techniques de contention des tortues marines nouveau-nés (© Laura Hebrard)

1.3.1.2. Le confort lors des soins

Lorsque la tortue est hors de son bassin pour la réalisation de soins, elle doit être disposée dans un bac individuel. Cette surface étant dure et l'animal à sec, il est judicieux de placer une surface souple (serviette en éponge ou ouate de coton) si la période de soins ou d'attente est prolongée pour éviter les zones d'escarres sur le plastron.

De plus, l'opérateur doit s'assurer que la température de l'air est convenable, ni trop chaude ni trop froide. Dans le laboratoire du centre de soins, la température est maintenue basse pour la conservation des légumes servant à l'alimentation des tortues grâce à la climatisation. L'opérateur devra s'assurer que la climatisation est éteinte durant les soins pour éviter les écarts de températures conséquents.

1.3.2. Les mesures et les pesées

Lors de l'arrivée au CDS, les tortues sont pesées et mesurées (prise de la longueur droite (LD) de sa carapace) puis elles seront pesées, mesurées par les membres de l'équipe du CDS toutes les semaines (le mardi) (Figure 14).

La LD de la carapace se fait au demi-centimètre inférieur près à l'aide d'un pied à coulisse.



Figure 14: Mesure de la longueur droite et pesée d'un nouveau-né de tortue verte (© Laura Hebrard)

Cette mesure permet de suivre la croissance durant sa vie en captivité. Le suivi du poids, réalisé à l'aide d'une balance de précision en gramme) va permettre de s'assurer que la tortue a une croissance positive et s'alimente correctement. Une perte de poids doit toujours nous alerter chez un nouveau-né. Une attention particulière devra lui être portée pour s'assurer que sa prise alimentaire est satisfaisante et déterminer la cause de cette perte de poids.

Les données recueillies sont notées sur le cahier du CDS puis conservées dans un document Excel afin de pouvoir effectuer des courbes de croissance et des comparaisons entre les individus d'un même nid par exemple. Lors de mon stage, nous avons perfectionné ce document Excel (Annexe 5) en ajoutant des informations qui n'étaient pas mentionnées comme le suivi de l'alimentation ou les données médicales.

I.3.3. Les soins de plaies

Lorsque les tortues sont blessées ou présentent une mauvaise fermeture de l'ombilic, des soins locaux sont entrepris. Le soigneur va placer le nouveau-né dans un bac individuel et nettoyer la plaie avec du chlorure de sodium. Ce lavage réduit le nombre de bactéries grâce à son action mécanique et enlève les débris nécrotiques avant d'appliquer une solution antiseptique, de la vétédine solution® (povidone iodée), puis de laisser sécher une dizaine de minutes.

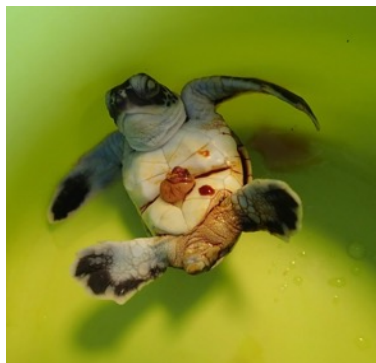


Figure 15: Tortue nouveau-né déformée et ayant une mauvaise cicatrisation de l'ombilic (© Kélonia)

Actuellement, les soigneurs se lavent longuement les mains et les avant-bras avec un savon antiseptique. Dans ce cas, le port de gants est fortement conseillé.

I.3.4. Bilan et propositions d'améliorations

Afin de progresser dans cette prise en charge, il est essentiel d'éviter au maximum la transmission de germes entre les individus. Pour cela, le port de gants est nécessaire ainsi que la séparation des nouveau-nés sains et malades. De plus, les manipulations doivent être les moins nombreuses possibles et réalisées avec délicatesse. Ce

sont des animaux fragiles et stressés en captivité qui ne doivent pas être habitués à la présence de l'Homme.

Par ailleurs, l'inscription des données sur le cahier de suivi doit être la plus claire possible et les informations recueillies doivent être ajoutées sur le fichier Excel de l'annexe 5 afin d'avoir un format papier et un format numérique. L'objectif à terme est d'inscrire ces données dans la base de données du centre de soins qui est actuellement créée mais en cours d'amélioration. Cette base permettra de centraliser toutes les données recueillies sur les nouveau-nés et les tortues adultes en soins au CDS. L'adresse actuelle de cette base est : <http://soins-kelonia.org>. Un extrait de cette base est disponible en annexe 6.

I.4. Les bassins de convalescence

I.4.1. Les bassins d'accueil

A l'heure actuelle, lorsque les étapes précédentes ont été réalisées, les nouveau-nés sont placés, selon leur « nid de provenance » dans des bassins de 2 m³ à l'extérieur par deux ou trois individus. Ces bassins sont alimentés par de l'eau de mer filtrée avec un taux de renouvellement de 100 % toutes les heures. Ces bassins sont vidangés et nettoyés, matin et soir, par les soigneurs. Le nettoyage des bassins sera détaillé par la suite. Ces bassins sont de grande taille pour ces jeunes tortues et vont leur permettre de se développer convenablement. Ces bassins sont séparés des bassins des tortues adultes pour éviter la transmission de germes.

Auparavant les tortues étaient placées dans des bacs plus étroits à l'extérieur mais le système de distribution de l'eau permettait un moins bon renouvellement de l'eau. Ainsi, la température des bacs pouvait varier de façon conséquente dans la journée et les animaux disposaient de moins d'espace. En revanche, ce système permettait l'accueil d'un plus grand nombre de tortues car actuellement le CDS ne dispose que de six bassins de 2 m³ d'eau filtrée. Ces bassins servent également pour les tortues adultes malades et ne peuvent parfois pas être consacrés uniquement aux nouveau-nés. (Figure 16)

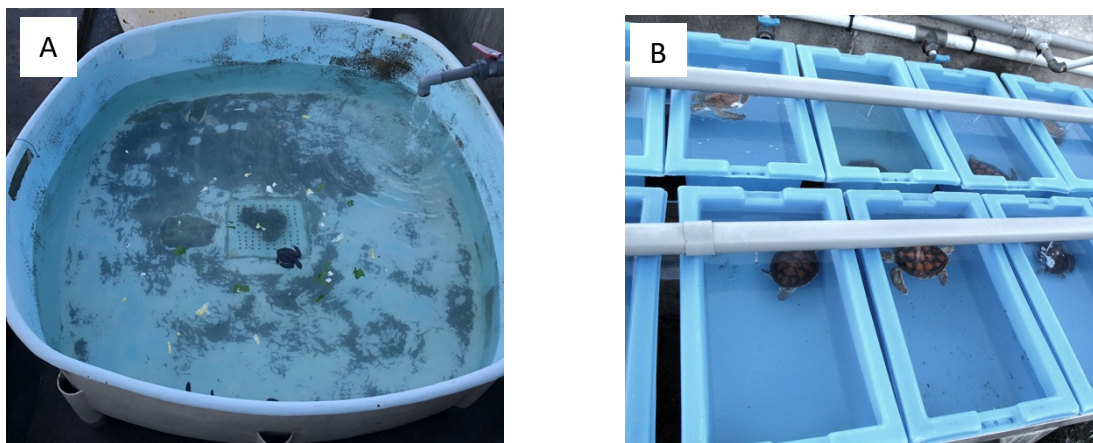


Figure 16: Bassins de convalescence des nouveau-nés, A : format actuel, B : anciens formats (© Laura Hebrard/Kélonia)

I.4.2. La croissance au centre de soins

Après la prise en charge initiale, les nouveau-nés vont soit être relâchés sur la plage de ponte dans les premières 24 heures après l'excavation s'ils sont vivaces, soit être maintenus en captivité au CDS. Ces individus vont grandir dans les bassins d'accueil. Ils seront nourris au moins cinq fois par jour par les soigneurs avec une alimentation préparée au CDS. Cette alimentation sera détaillée par la suite.

Les nouveau-nés sont disposés par « nid de provenance » lors de leur arrivée puis ils seront classés par taille afin d'éviter la compétition alimentaire. De plus, en cas de maladies, les tortues sont séparées immédiatement entre les individus malades et les individus sains. En effet, une attention particulière est portée aux nouveau-nés. Ce sont des individus fragiles, il faut être réactif lors d'apparition de la moindre anomalie car celle-ci peut rapidement avoir des conséquences dramatiques. En cas de pathologie, un traitement sera mis en place par le vétérinaire et le responsable du CDS.

Lorsque les tortues auront atteint le poids de 500 g ou une LD d'environ 15 cm, elles seront disposées dans des bassins plus grands (canal « crise » ou bassin « tactile ») et seront alors visibles par le public. Puis, avant d'être relâchées, elles iront dans un dernier bassin de réhabilitation qui mime les conditions de vie sauvage nommé le « grand bassin » durant quatre mois minimum.

I.4.3. Bilan et propositions d'améliorations

La mise en place de bassins plus grands semble permettre une croissance optimale et une meilleure qualité de l'eau mais nous avons peu de recul car ces bassins d'accueil ne sont utilisés que depuis cette année. D'autre part, du cannibalisme ayant été observé, des grilles de séparation pourraient être utilisées pour séparer temporairement les animaux comme l'exemple de Bluvias et Eckert, 2010 (Figure 17). Le rapport de « l'United States Fish and Wildlife Service » (USFWS, 2013) recommande un bassin ayant une surface au moins égale à cinq fois la LD de la carapace et deux fois la largeur de la carapace de la tortue avec une profondeur d'eau minimale de 30 cm. Ce rapport recommande également de séparer les nouveau-nés entre eux.



Figure 17: Grilles de séparations mises en place dans un centre de soins aux États-Unis (© Bluvias et Eckert, 2010)

Lors de ma présence au CDS, j'ai pris conscience de l'importante charge de travail que demande la prise en charge des nouveau-nés. En effet, Les tâches à effectuer sur les nouveau-nés sont diverses comme le nettoyage à l'aide d'une brosse à dents de chaque nouveau-né deux fois par semaine, la distribution cinq fois par jour de la ration et la fabrication quotidienne de la ration puis le nettoyage quotidien des bassins. Qui plus est, lors de ma présence au CDS, les nouveau-nés étaient malades, les soins mis en place demandaient deux heures par jour pour l'ensemble des nouveau-nés. De ce fait, la prise en charge des nouveau-nés demande au minimum trois heures de travail par jour pour les soigneurs. Actuellement, les soigneurs ne sont pas assez nombreux pour assurer cette prise en charge. Heureusement, le responsable du CDS et de nombreux stagiaires aident lors des différentes tâches.

Par ailleurs, actuellement aucune fiche d'hospitalisation individuelle n'est mise en place pour les nouveau-nés. Les informations concernant les traitements sont notées sur le cahier de soins de façon collective. Nous avons décidé de mettre en place des fiches individuelles (Figure 18). Ces fiches seront complétées par les soigneurs puis ajoutées à la base de données du CDS.

Fiche d'hospitalisation : émergente secourue au CDS de Kélonia				
<u>PREMIERS SOINS</u>				
NOM INDIVIDU : NOM DEFINITIF : MARQUAGE : DATE DE NAISSANCE : PROVENANCE (plage et n° de nid) : DATE D'ARRIVEE AU CDS : MOTIF D'ADMISSION AU CDS : DATE DE REMISE EN LIBERTE/ CONCLUSION AUTOPSIE :	TAILLE D'ARRIVEE (cm) : LD : LC : POIDS D'ARRIVEE (kg) : PRELEVEMENTS : <input type="checkbox"/> ECAILLES <input type="checkbox"/> PEAU <input type="checkbox"/> AUTRES DATE COPROLOGIE :			
<u>SUIVI ET TRAITEMENTS EN COURS</u>				
Date	N° de bassin	Observations - problème suspecté - traitements mis en place - soins réalisés <small>(ETRE LE PLUS PRECIS POSSIBLE)</small>	Photos des lésions <small>(OUI/NON)</small>	Nom du soigneur

Figure 18: Fiche d'hospitalisation individuelle pour les nouveau-nés du CDS de Kélonia (© Laura Hebrard)

II. Étude des paramètres environnementaux de captivité des nouveau-nés à Kélonia, comparaison avec la littérature

Dans ce paragraphe, nous étudierons les paramètres environnementaux au CDS de Kélonia et nous les comparerons aux données bibliographiques.

II.1. Le lieu de vie : le milieu aquatique

II.1.1. La régulation thermique des reptiles

Les tortues marines sont des reptiles et sont donc ectothermes, elles ne produisent pas leur chaleur corporelle et dépendent entièrement de la température

extérieure. Par ailleurs, elles sont poïkilothermes, elles n'ont pas de régulation physiologique de leur température corporelle, qui est donc variable en fonction du milieu de vie. Elles sont aussi hétérothermes, c'est à dire que les différents organes peuvent avoir une température corporelle différente (Weathers, White, 1971).

Ces particularités physiologiques ainsi que la température de l'eau doivent être prises en compte en captivité afin de garantir une bonne convalescence des animaux. En effet, la chaleur permet d'optimiser les processus métaboliques et notamment la cicatrisation, le transit digestif, la circulation sanguine et le fonctionnement du système immunitaire (Warwick, 1991).

II.1.2. L'importance de la lumière et les conditions climatiques de Saint Leu

Les tortues étant disposées dans des bassins extérieurs, elles sont exposées à la lumière naturelle, la meilleure lumière selon Pelton et Manire, 2007. Cet aspect est un point fort du CDS de Kélonia. D'après l'USFWS, la lumière naturelle permettrait d'éviter certains problèmes métaboliques. En effet, les rayons UVB permettent aux reptiles de synthétiser la vitamine D3. Cette vitamine intervient dans le métabolisme du calcium et est complètement absente de l'alimentation des reptiles. Craig A. Pelton a réalisé une expérience avec six nouveau-nés maintenus sans lumière UV et ne recevant pas de supplémentation en calcium et en vitamine D. Les tortues étaient plus petites et avaient la carapace et le crâne mous compatible avec une hyperparathyroïdie secondaire sur le plan nutritionnel. Après deux mois avec des UV et une supplémentation en calcium de la nourriture, la carapace et le crâne des nouveau-nés se sont endurcis et les tortues ont triplé de taille.

Par ailleurs, le climat de la Réunion est tropical humide. Il existe deux saisons marquées :

- La saison "des pluies" qui peut être définie entre Janvier et Mars,
- La saison "sèche", plus longue, qui débute en mai pour s'achever en Novembre.

Les mois d'Avril et Décembre sont des mois de transition, parfois très pluvieux mais pouvant également être parfois très secs.

Les températures extérieures sont clémentes à Saint Leu avec un minimum de 12,5°C en Août et un maximum de 25,4°C durant le mois de Février. Ces températures extérieures sont à prendre en compte car elles vont avoir une influence sur la température de l'eau des bassins (Figure 19).

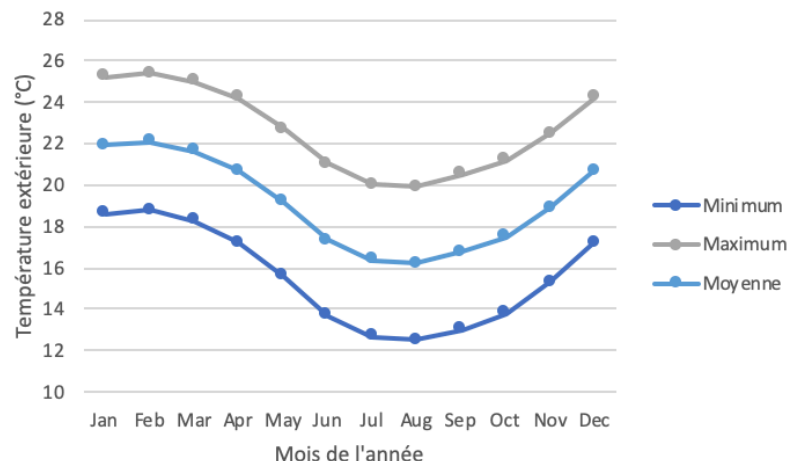


Figure 19: Normales climatologiques annuelles de la ville de Saint Leu (@ Météo France)

II.1.3. Les bassins et la température de l'eau

Les nouveau-nés sont placés dans des bassins ronds de 2 m³ à l'extérieur par deux ou trois individus. Ces bassins sont alimentés par de l'eau de mer filtrée avec un taux de renouvellement de 100% toutes les heures. Ce renouvellement est permis grâce à un débit des pompes d'alimentation de 600-650 m³ par heure. Le système de distribution et de filtration de l'eau sera détaillé par la suite. Le taux de renouvellement a un rôle majeur dans la convalescence des tortues marines car il va permettre d'avoir une bonne régulation de la température de l'eau et éviter les fortes hausses de températures. En effet, il faut éviter d'exposer les reptiles à des températures excessives, lesquelles peuvent provoquer une hyperthermie potentiellement fatale. Il est donc important de contrôler la température de l'eau des bassins et de conserver des zones plus fraîches. Au CDS, des ombrelles sont disposées au-dessus des bassins et sont ouvertes lors de fortes chaleurs.

En revanche, actuellement, aucun suivi de la température de l'eau n'est effectué à Kélonia. Ceci peut avoir de réelles conséquences sur la bonne prise en charge des nouveau-nés mais aussi des adultes présents au CDS. L'eau étant directement pompée dans l'océan, un suivi de la température de l'océan à Saint Leu (figure 20) peut nous donner un ordre d'idées mais les bassins étant plus étroits, la température peut augmenter rapidement.

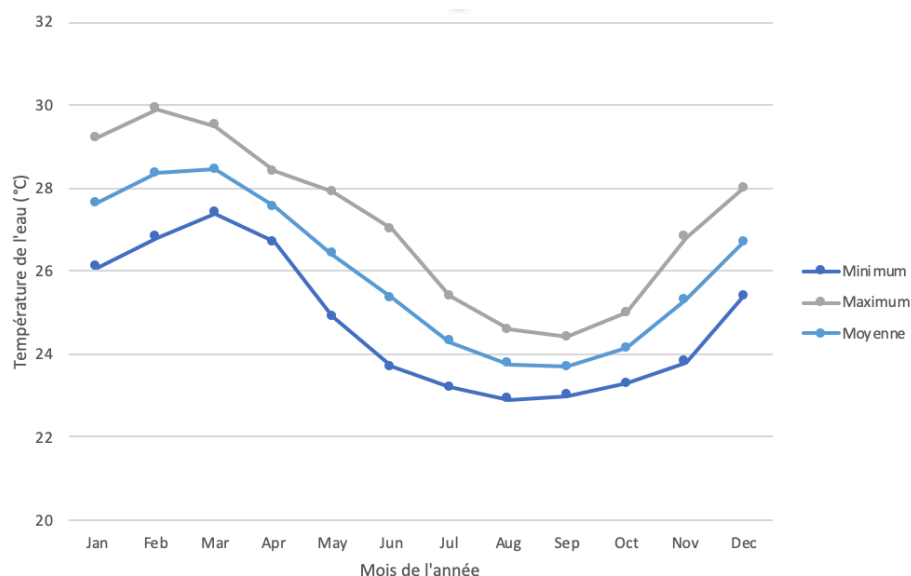


Figure 20: Suivi de la température de l'océan à Saint Leu (@ Météo France)

On estime que la température de l'eau doit être comprise entre 23 et 30°C durant la convalescence (Lutz et al., 2003). Si l'on s'intéresse à la moyenne des températures sur la courbe, la température de l'eau de l'océan à Saint Leu semble être dans ces intervalles. En revanche, les bassins étant plus petits, on ne peut pas affirmer que la température soit exactement la même que l'océan. Pour remédier à ce dysfonctionnement et suivre ce paramètre, des thermomètres boutons enregistreurs ont été commandés pour l'ensemble des bassins.

II.1.4. La qualité de l'eau

D'après la littérature (Bluvias, Eckert, 2010 ; Stamper et al., 2017), la qualité de l'eau est un paramètre clé. Elle a un impact sur le bien être des tortues et sur leur santé.

II.1.4.1. La distribution d'eau et le système de pompage (Cruciani, 2017)

A l'heure actuelle, il existe trois types de circuits de distribution de l'eau qui permettent d'avoir en permanence de l'eau de mer propre : le système ouvert, semi-ouvert et fermé. Kélonia utilise un système de circulation ouvert, c'est-à-dire que l'eau ne passe qu'une fois dans chaque bassin avant de rejoindre l'océan.

Le site de Kélonia était situé au bord de l'océan, l'eau est directement pompée grâce à deux pompes fonctionnant en alternance.

Kélonia dispose de deux circuits de distribution d'eau indépendants (Annexe 7) :

- le circuit filtré alimentant le canal « crise », le « grand bassin », le bassin « tactile », le bassin « mâle » et une partie du centre de soins (dont les bassins des nouveau-nés) ;

- le circuit non filtré alimentant le bassin « femelle », le bassin « reproduction » et la totalité du centre de soins.

Chacun des circuits est doté de deux pompes fonctionnant en alternance. Cette pratique permet de réduire l'usure des machines et d'assurer un pompage en continu même en cas de panne d'une des pompes.

Les deux pompes du circuit filtré ont le même débit, soit 75 m³/h, et garantissent un renouvellement d'eau satisfaisant. Les pompes du circuit non filtré, quant à elles, ne disposent pas du même débit : la principale a un débit compris entre 600 et 650 m³/h tandis que la deuxième a un débit d'environ 280 m³/h. La plus petite pompe permet une diminution du taux de renouvellement parfois nécessaire lors de mauvaises conditions météorologiques.

La pompe principale de Kélonia alimente habituellement le circuit non filtré mais elle dispose d'un débit suffisant pour distribuer l'eau dans tous les bassins du site. Ainsi, en cas de dysfonctionnement des deux pompes du circuit filtré une arrivée d'eau est possible.

II.1.4.2. Le système de filtration de l'eau

Il a été démontré qu'il existe un réel équilibre entre la charge organique, la charge bactérienne, la couleur de l'eau et la santé des animaux. De ce fait plusieurs systèmes de filtration sont disponibles sur le marché. De manière générale, un système de filtration est équipé de filtres, tels que les filtres mécaniques, permettant l'élimination des matières en suspension, et de stérilisateurs, tels que les filtres à UV, participant à la diminution de la densité des microorganismes ou du moins à son maintien à un taux acceptable.

La filtration mécanique est la première étape afin de retirer les grosses particules puis la deuxième étape est la filtration biologique afin d'éliminer les particules plus fines et de diminuer la charge microbienne (Stamper et al., 2017).

Sur le site de Kélonia, le système de filtration, disponible en annexe 7, est équipé de deux filtres à sable, forme de filtre mécanique la plus courante pour éliminer les particules en suspension dans l'eau, et d'un filtre à UV composé de six ampoules de 75 W chacune pour éliminer les microorganismes.

Afin que la désinfection par les UV soit optimale, il est important que l'eau traversant les filtres soit transparente. Par conséquent, il est obligatoire que les filtres à sable placés en amont des filtres à UV éliminent correctement les particules en suspension. Pour cela, l'eau ne doit pas circuler trop rapidement dans le circuit afin que les UV aient le temps de réduire significativement le nombre de germes. Actuellement, l'élimination des matières organiques en suspension accumulées dans les filtres est réalisée trois fois par jour grâce à des contre-lavages (« backwash »). Le contre-lavage est une inversion du sens du courant d'eau afin d'évacuer vers l'extérieur toutes les particules accumulées dans les filtres. Lors de forte houle, cinq contre-lavages sont réalisés par jour.

En revanche, les filtres à UV ne sont actuellement pas fonctionnels. D'après les données, ces filtres n'ont fonctionné qu'environ 30 % du temps depuis leur installation en 2006. De plus, afin d'assurer l'efficacité des filtres à UV, il est important de changer les ampoules à UV tous les six mois selon Stamper et Semmen (2012) et d'effectuer un nettoyage des ampoules en place afin de retirer l'accumulation des dépôts de silice. En moyenne, Kélonia ne change ses ampoules à UV qu'une fois tous les dix-huit mois ou lorsqu'elles sont défectueuses. A ce jour, les ampoules n'ont pas été changées et le nettoyage n'est pas réalisé. Ces anomalies avaient déjà été relevées par Docteur Cruciani en 2017. Ce dysfonctionnement des filtres à UV a cependant un impact limité sur la prolifération et la dissémination des microorganismes dans le circuit filtré car l'eau pompée dans le lagon est de bonne qualité.

II.1.4.3. Gestion de la propreté des bassins

Les bassins individuels du CDS sont entièrement vidés au moins deux fois par jour. Cette vidange est suivie d'un remplissage immédiat ou d'un nettoyage à la brosse, deux fois par semaine, le lundi et le jeudi. L'élimination des déchets organiques, déjections et restes alimentaires, dans les bassins est également réalisé tous les jours car leur accumulation peut être à l'origine d'un ralentissement de la cicatrisation des plaies, d'une inflammation oculaire ou d'une augmentation de la prévalence des infections microbiennes (Bluvias, Eckert, 2010).

En cas d'altération de la turbidité de l'eau des bassins (forte houle...), un nettoyage des bassins est immédiatement mis en place. En effet, une eau trouble est une source de stress pour les animaux.

Par ailleurs, deux fois par semaine, l'ensemble des surfaces du bassin est pulvérisé avec de la chloramine T (ou n-chloro-tosylamide de sodium, Halamid®) 1 % soit 10 grammes dans un litre d'eau puis rincé. Lors d'un changement de bassin, le bassin est nettoyé avec de la chloramine T à 1 % également et laissé à sec durant 24 heures avant l'accueil d'une nouvelle tortue.

La préparation de la solution d'Halamid® est effectuée loin des bassins des nouveau-nés pour éviter l'inhalation de substances nocives par les tortues. Les soigneurs utilisent des gants et un masque de protection afin d'éviter tout contact avec ce produit chimique. Le Docteur Schneider réalise fréquemment des formations aux soigneurs pour les sensibiliser aux risques biologiques et chimiques.

II.1.4.4. Les paramètres physico-chimiques de l'eau (Stamper et al., 2017)

Dans un contexte de soins, les paramètres physico-chimiques, garants de la qualité de l'eau, doivent être pris en compte. Ces paramètres sont la température, le pH, la salinité et la charge microbienne. Ils vont chacun être détaillés par la suite.

La collecte d'un échantillon d'eau pour analyse doit être standardisée. L'eau doit être propre et l'échantillon doit être prélevé en évitant au maximum les contaminations. Il est également conseillé de récupérer plusieurs échantillons et de se renseigner auprès du laboratoire d'analyses sur les conditions de conservations.

- La température : cf .partie II.1.3

- Le pH : le pH de l'eau de mer est généralement compris entre 7,5 et 8,3. Pour les tortues en réhabilitation, il doit être maintenu entre 7,2 et 8,5 (USFWS, 2013). Le pH est extrêmement important pour la dynamique de la chimie de l'eau. Par ailleurs, Les bactéries nitrifiantes ont également une plage optimale (6,5 à 9) et ne fonctionnent pas en dessous d'un pH de 6,5. Ces bactéries ont un rôle majeur dans la qualité de l'eau, elles transforment les sous-produits de l'azote comme l'ammoniac et les nitrites en nitrates dans le cycle de l'azote. De plus, le pH a tendance à diminuer avec les déchets organiques des animaux et des bactéries. De ce fait, le pH doit être mesuré tous les jours. La méthode électrométrique offre la meilleure précision, \pm

0,2 unités de pH, tandis que la méthode colorimétrique offre une précision de $\pm 0,5$ unités de pH.

Actuellement, le pH de l'eau n'est pas testé à Kélonia. Lors de mon stage nous avons commencé à tester le pH de l'eau à l'aide d'un testeur pour piscine de la marque Bayrol® conseillé par le vétérinaire du centre (Figure 21). Il est muni de deux chambres de mesure qui doivent être remplies d'eau à tester. L'ajout des réactifs appropriés provoque une coloration de l'eau en fonction des valeurs des paramètres. Ces valeurs deviennent alors facilement déterminables, en comparaison à un nuancier de référence. L'eau des bassins des nouveau-nés étaient de 7,8 donc satisfaisant pour les jeunes tortues.

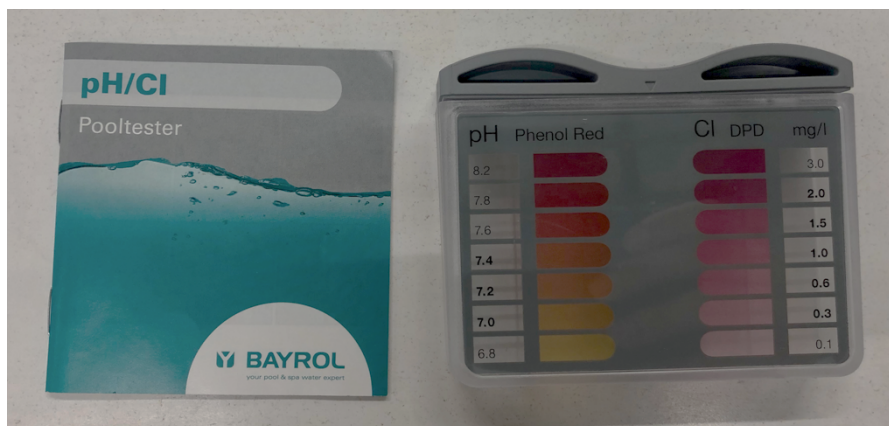


Figure 21: Testeur de pH de la marque Bayrol® (© Laura Hébrard)

- La salinité : elle doit être comprise entre 32 et 36 ppt (g/L) (Pelton, Manire, 2017). Elle peut être mesurée à l'aide d'un refractomètre ou d'un hydromètre. Il est plus facile pour l'opérateur de mesurer la salinité dans un échantillon d'eau plutôt que dans le bassin directement. La salinité des bassins placées à l'extérieur a tendance à varier du fait de l'évaporation ou de précipitations, elle doit donc être mesurée fréquemment. Elle a aussi tendance à diminuer lorsque la température de l'eau augmente.

Il faut savoir qu'en cas de déshydratation, les tortues peuvent être placées dans de l'eau douce mais pas plus de 24 heures par semaine. Cette méthode va permettre une réhydratation par le cloaque notamment.

Au CDS de Kélonia, la salinité n'est pas mesurée car l'eau provient directement de l'océan et que le taux de renouvellement est très satisfaisant dans les bassins.

- La charge microbienne (bactéries, champignons, algues...) des bassins doit être surveillée. En effet, la population microbienne évolue vite et de façon imprévisible. Les tortues présentes au CDS sont affaiblies et souvent immunodéprimées, la concentration de bactéries coliformes doit être maintenue en dessous de 1000 bactéries pour 100 ml d'eau. En revanche, il est probable que les méthodes actuelles de comptage des coliformes soient considérées comme obsolètes dans un avenir proche mais pour le moment les coliformes fécaux sont utilisés comme marqueurs pour les agents pathogènes. Les recommandations américaines préconisent de réaliser le comptage des coliformes tous les mois. Si la concentration en coliformes est trop élevée, on renouvelle le test deux fois à 48 heures d'intervalle. Il est possible de limiter la prolifération des bactéries en surveillant la filtration de l'eau, en enlevant les matières organiques plus souvent dans les bassins, en augmentant la fréquence des désinfections et le renouvellement de l'eau.

Au CDS de Kélonia, les analyses bactériologiques de l'eau sont effectuées de façon aléatoire. Elles sont en général mises en place après des intempéries ou lors de pathologies sur plusieurs tortues. Les échantillons sont prélevés dans différents bassins dans des flacons stériles et sont directement portés au cabinet vétérinaire Veterun. Lorsque des bactéries sont retrouvées dans l'eau, elles sont identifiées et un antibiogramme est mis en place systématiquement (Annexe 8).

II.1.5. Bilan et propositions d'améliorations

Comme démontré précédemment, la qualité de l'eau est un paramètre majeur à prendre en compte pour la croissance des nouveau-nés en captivité. De nombreuses recommandations existent et certaines sont applicables au centre de soin de Kélonia.

Tout d'abord, le CDS de Kélonia dispose de bassins extérieurs avec un apport d'eau provenant directement de l'océan avec un fort taux de renouvellement. Ces éléments sont un atout pour la prise en charge des nouveau-nés. En revanche, il est important d'améliorer certaines pratiques. Pour cela, des thermomètres ont été commandés pour l'ensemble des bassins pour surveiller de façon précise la température de l'eau et éviter les variations. Les filtres à UV doivent être réparés le plus rapidement possible et il est conseillé de réaliser les analyses bactériologiques au moins une fois par trimestre.

II.2. L'hygiène au CDS

II.2.1. Les règles et mesures d'hygiène au CDS

Dans un centre de soins, il est primordial de respecter les bonnes pratiques d'hygiène. Il ne faut pas perdre de vue que les tortues présentes au CDS sont des individus malades. De plus, ce sont des animaux sauvages, sensibles au stress et qui ont donc un système immunitaire moins performant. Des mesures simples sont à respecter pour éviter l'entrée de germes et/ ou éviter leur prolifération au sein de Kélonia. De ce fait, le personnel soignant a tous les ans des formations dispensées au CDS par le vétérinaire pour rappeler les bonnes pratiques d'hygiène.

Premièrement, un lavage des mains et des avant-bras est obligatoire avant chaque manipulation de tortue et entre chaque soin. Un robinet est disponible dans le laboratoire du CDS et un autre à proximité des bassins.

Deuxièmement, un passage dans un pédiluve est obligatoire avant d'entrer et de sortir du CDS. Un premier passage est effectué dans de l'eau seule pour rincer les chaussures puis le second bac contient de la chloramine T (ou n-chloro-tosylamide de sodium, Halamid®) 2 % qui est changée toutes les semaines.

Troisièmement, tout le matériel (brosse, bacs individuels, balance...) et les surfaces sont désinfectés après chaque utilisation avec de la chloramine T (Halamid®) 1 %. De plus, chaque bassin a son propre matériel de nettoyage pour éviter les transmissions de germes entre les bassins.

II.2.1. L'hygiène des soins et notion de zoonose

Lors des soins, les personnes habilitées doivent se nettoyer les mains et les avant-bras entre chaque animal puis porter des gants d'examen non stériles. Par exemple, lors de la réalisation d'injection, la seringue est préparée à l'intérieur du laboratoire du CDS puis elle est posée sur un plateau en métal préalablement désinfecté. Le lieu de l'injection est désinfecté à l'alcool avec un coton. Ces règles simples vont non seulement permettre d'éviter les contaminations des tortues lors des soins mais vont aussi prévenir les zoonoses. Même si le risque zoonotique est peu présent, les tortues restent porteuses de bactéries Gram négatif et Gram positif qui ont déjà été responsables d'infections chez l'Homme comme *Vibrio* spp, *Aeromonas* spp, *Pseudomonas* spp et *Enterococcus* spp et bien d'autres. Des publications

démontrent que ces bactéries peuvent être résistantes à différents antibiotiques même avant la pression de sélection lors de la réhabilitation (Stamper et al., 2017). Pour éviter toute contamination du personnel du CDS, le port de gants doit être respecté. Les personnes ayant des blessures au niveau des mains ne doivent pas entrer en contact avec les tortues et l'eau des bassins. Les personnes immunodéprimées ne doivent pas travailler avec les tortues marines et doivent informer le responsable du CDS.

II.2.2. L'hygiène des nouveau-nés

Lorsque les tortues sont maintenues en captivité, des algues ont tendance à se développer sur l'ensemble du corps. La présence de ces algues peut entraîner une fragilité de la kératine de la tortue et augmenter la sensibilité aux infections. En milieu naturel, les tortues sont nettoyées par des poissons ou des ectoparasites. Pour reproduire ce nettoyage en captivité, les nouveau-nés sont brossés délicatement à l'aide d'une brosse à dents (figure 22) et le contour des yeux est nettoyé avec un coton tige humidifié. Ce nettoyage a lieu deux fois par semaine.



Figure 22: Nettoyage d'un nouveau-né de tortue verte au CDS de Kélonia (©Laura Hébrard)

Lors de mon stage, je me suis rendu compte que les opérateurs ne portaient pas de gants et qu'une seule brosse à dents était utilisée pour tous les nouveau-nés. Cette brosse à dents était trempée dans l'eau après chaque session de nettoyage, mais elle n'était pas désinfectée entre les nouveau-nés. Cette pratique était une source de transmission de germes entre les individus, nous avons décidé d'acheter une brosse à dents par nouveau-né. Ces brosses à dents sont nettoyées après chaque usage avec de la chloramine T (Halamid®) 1 %.

II.2.3. Bilan et propositions d'améliorations

A l'heure actuelle, les mesures d'hygiène mises en place au CDS de Kélonia semblent efficaces et respectées par l'ensemble du personnel. En revanche, le port de gants doit être systématique pour éviter le risque de transmission entre les individus et le risque zoonotique. Comme indiqué précédemment, une brosse à dent doit être réservée à une seule tortue.

Par ailleurs, il est important de limiter le nombre de personnes au CDS (stagiaires, visiteurs...) pour des raisons d'hygiène et pour limiter le stress des tortues marines.

II.3. La nutrition des nouveau-nés

La nutrition est un point clé pour assurer la bonne santé des nouveau-nés mais connaître les besoins nutritionnels précis des jeunes tortues marines est également un défi. En effet, lorsque les nouveau-nés regagnent l'océan, les « années perdues » commencent, c'est-à-dire les premières années de vie qui échappent aux scientifiques. Dans leur milieu naturel, durant la phase post-émergence, les tortues ont deux objectifs : échapper aux prédateurs et s'alimenter. Pour cela, elles rejoignent des habitats océaniques pour se protéger des prédateurs mais ces lieux de vie sont difficilement atteignables par les scientifiques (Bolten, 2002).

II.3.1. L'alimentation des nouveau-nés

Durant cinq jours après l'éclosion, les nouveau-nés utilisent leur sac vitellin et ne mangent pas. Les nouveau-nés boivent constamment et s'hydratent spontanément dès lors qu'ils sont placés dans l'eau. Entre un et trois jours après que le sac vitellin soit résorbé, les tortues se mettent à manger spontanément. Les tortues de huit jours d'âge qui ne mangent pas spontanément doivent être nourries par alimentation forcée. Il faut garder à l'esprit qu'il est difficile de connaître l'âge exact des nouveau-nés car ils n'émergent généralement pas le jour de leur éclosion. Ils peuvent attendre dans le nid un à sept jours après avoir éclos avant d'émerger hors du nid (Christens, 1990)(Godfrey, Mrosovsky, 1997). L'âge est plus facile à estimer en regardant la cicatrice du sac vitellin. Quand la cicatrice est fermée, les nouveau-nés doivent manger ou être nourris de force. La quantité de nourriture ingérée doit

représenter entre 8 et 15 % du poids corporel répartis en 3 à 8 repas. La quantité de nourriture doit ensuite être adaptée en fonction de la prise de poids quotidienne.

La réalimentation forcée doit être réalisée par des personnes habilitées. Elle est facilement réalisable en ouvrant délicatement la bouche de la jeune tortue à l'aide d'un cure dent en faisant attention de ne pas léser les tissus mous de la cavité orale. La tortue est positionnée verticalement avec le cou tendu, une aiguille de gavage lubrifiée en acier inoxydable est glissée dans l'œsophage distal. Une fois en place, le piston de la seringue est doucement et régulièrement pressé pour effectuer l'alimentation. Une fois l'aiguille retirée, la tortue est placée dans l'eau ou gardée en position verticale deux minutes pour éviter les régurgitations ou les reflux dans les poumons puis dans l'eau.

L'alimentation des nouveau-nés doit être équilibrée et elle doit prendre en compte les apports nécessaires en calcium et en phosphore. Le rapport calcium/phosphore doit être de 2/1 ou 1/1 (Bluvias, Eckert, 2010)..

Au CDS de Kélonia, les tortues sont réalimentées lorsque les réserves vitellines sont épuisées comme les recommandations ci-dessus. L'alimentation est une mixture « maison » dont la composition et la réalisation seront détaillées par la suite. L'alimentation forcée n'est actuellement pas réalisée au CDS de Kélonia. Ce genre de manipulation pourrait en revanche être essayé sur certaines jeunes tortues à l'avenir. Actuellement, en cas d'affaiblissement et d'absence de prise alimentaire, une noisette de NUTRI-PLUS Gel®, un gel concentré hyper-énergétique utilisé en médecine vétérinaire canine, est administrée plusieurs fois par jour aux nouveau-nés. De plus, des bains d'eau douce sont réalisés pour assurer une réhydratation.

II.3.2. L'apparence et la composition de la ration

Les tortues en captivité peuvent être nourries avec une mixture préparée par les soigneurs ou achetée dans le commerce, une alimentation sous forme de gel ou des granulés du commerce selon les scientifiques (Pelton, Manire, 2017). Par ailleurs, des crustacés ou des mollusques peuvent également être distribués mais une supplémentation en calcium sera nécessaire en attendant que la tortue soit assez grosse pour manger les coquilles. Chacun de ces aliments doit être soigneusement taillé en petits morceaux, une taille inférieure à un quart de la bouche.

II.3.2.1. La mixture

Ce type d'alimentation est le plus utilisé chez les nouveau-nés, il peut être utilisé dès le plus jeune âge. La mixture peut être fabriquée à base de produits frais ou congelés, ou achetée dans le commerce. On peut adapter sa composition en fonction des besoins individuels (dextrose, poissons, vitamines, calcium...). Une recette de mixture testée et approuvée par Craig A. Pelton sur des nouveau-nés ainsi est disponible en annexe 9.

Au CDS de Kélonia, les nouveau-nés sont alimentés à l'aide d'une mixture réalisée sur place. La recette de la mixture a été adaptée au cours des années en fonction de l'évolution des nouveau-nés. Il y a dix ans, aucune recette n'existait, les membres du centre de soins ont donc testé de nombreuses recettes. La recette actuelle est présentée dans le tableau 4. La quantité distribuée est adaptée en fonction de la croissance des nouveau-nés. Lors de mon stage, j'ai réalisé que la recette n'était pas écrite de façon précise et que les aliments n'étaient pas toujours pesés. Ce manque de précision est un point négatif car il est impossible de calculer les apports de la ration et de les comparer avec les besoins des nouveau-nés.

Tableau 4: Recette de la mixture réalisée à Kélonia pour les nouveau-nés de tortues vertes (© Kélonia)

Aliments utilisés	Quantités (g)
Crevettes décortiquées décongelées	140
Thon alcabore décongelé	280
Brèdes chinoises (<i>Amaranthus blitum</i>)	180
NUTRI-PLUS Gel®	18
Huile de paraffine	34
Feuilles de gélatine alimentaire	11
Mix de gritt de coquilles d'huitres	54
Huile de poisson	6
Tonivit®	4 gouttes

Chaque composant de la ration a été choisi pour assurer un apport en protéines, en fibres, en minéraux et en vitamines. Cette ration comprend 60% de produits de

la mer pour un apport protéique et 25% de légumes pour un apport en fibres qui facilitent le transit. Par ailleurs, le gritt va permettre d'assurer l'apport en minéraux. L'huile de poisson est riche en vitamine A, une vitamine essentielle pour le maintien de l'intégrité des épithéliums chez les tortues aquatiques. La gélatine va permettre d'assurer la liaison entre les aliments et éviter que la mixture se délite une fois dans l'eau. L'huile de paraffine a été introduite pour faciliter le transit et améliorer la flottaison de la mixture dans l'eau. Le NUTRI-PLUS Gel® et le tonivit® assure un apport d'énergie et de vitamines.

II.3.2.2. Le poisson seul

Il est possible de donner uniquement du poisson ou des crustacés frais ou congelés aux nouveau-nés comme du capelan, du hareng, des crevettes, des palourdes ou d'autres espèces en fonction des régions du monde. Les morceaux donnés aux jeunes tortues ne doivent pas dépasser 0,2 cm. Des apports en minéraux et vitamines devront être ajoutés. Il est important de ne pas trop nourrir les tortues pour éviter que des restes s'accumulent dans les bassins. Les particules alimentaires restantes doivent être enlevées 30 minutes après le nourrissage pour éviter des proliférations bactériennes. Une autre option est de changer les tortues de bassin lors du nourrissage et de les transférer ensuite dans un bassin propre.

La nourriture vivante peut également être proposée dans les bassins. En effet, ceci est très stimulant et va permettre à la tortue de chasser comme dans son milieu naturel. Par ailleurs, il est vivement conseillé d'ajouter des algues *Sargassum* avec leurs biotes dans les bassins pour avoir une alimentation vivante et reproduire l'habitat naturel.

II.3.2.3. L'alimentation sous forme de gel

Ce type d'alimentation est également recommandé pour les nouveau-nés car il est facilement assimilable et est équilibré sur le plan nutritionnel. Ce type d'alimentation doit être distribué à la main. Il procure donc une source de stress supplémentaire pour les nouveau-nés mais il est très intéressant sur le plan nutritionnel. Certains gels sont dorénavant disponibles dans le commerce aux États-Unis (Sea Turtle Gel Diet for Carnivorous Turtles, Mazuri, Richmond). Une recette de gel réalisé par Craig A. Pelton est disponible en annexe 9.

II.3.2.4. L'alimentation sous forme de granulés

Les granulés présents dans le commerce étaient surtout utilisés dans les fermes d'élevage pour engraisser les tortues. A l'heure actuelle, ils ne sont pas recommandés pour les tortues marines car leur composition n'est pas toujours adaptée aux tortues. De plus, il n'est pas recommandé d'offrir aux tortues une alimentation qui flotte à la surface de l'eau. En effet, il est intéressant que la tortue plonge pour récupérer sa nourriture.

II.3.3. La réalisation et la conservation de la ration

La préparation et la conservation de la ration est une étape importante pour la croissance et la réhabilitation des tortues marines en captivité.

Premièrement, la sécurité des aliments est primordiale pour les tortues. Les aliments ne doivent pas contenir de contaminants biologiques, chimiques ou physiques et la qualité nutritionnelle doit être préservée. Au CDS, les légumes utilisés sont frais mais le poisson et les crustacés sont congelés. Pour assurer une alimentation de qualité, les livraisons ont lieu deux à trois fois par semaine pour les légumes et une fois par semaine voire toutes les deux semaines pour les poissons et les crustacés surgelés. Les légumes sont stockés dans des caisses placées au réfrigérateur et le reste est conservé dans le laboratoire du CDS qui est climatisé à 17°C la nuit et aux alentours de 20-25°C la journée. Les produits surgelés sont, quant à eux, conservés dans des congélateurs dédiés à -18°C.

Deuxièmement, la préparation de la mixture des nouveau-nés respecte les bonnes pratiques d'hygiène. Les légumes sont découpés sur un plan de travail propre destiné à cet usage et, les ustensiles utilisés sont réservés à la préparation de la ration. La préparation de la mixture a lieu tous les vendredis et est effectuée par un seul opérateur ainsi que des stagiaires. Tous les jeudis soir, la quantité de produits surgelés (poissons, crevettes) nécessaire pour la mixture est sortie et mise au réfrigérateur afin de permettre une décongélation lente. Les ingrédients sont pesés puis ajoutés dans un mixeur utilisé uniquement à cet effet. La taille des particules doit être suffisamment petite pour faciliter la préhension des aliments et les problèmes de digestion. La mixture est disposée dans des barquettes et chaque barquette est conservée dans des congélateurs à -18°C.

Troisièmement, tous les ustensiles ainsi que le plan de travail sont désinfectés à la chloramine T (HALAMID®) après utilisation.

II.3.4. Le volume du bol alimentaire distribué et la fréquence de distribution

Pour les jeunes tortues, la quantité d'aliment n'est pas calculé individuellement de façon précise au CDS. Tous les soirs, une barquette de mixture est placée du congélateur vers le réfrigérateur pour être distribuée le lendemain. La distribution de la mixture pour les jeunes se fait à la cuillère directement devant leur tête environ cinq fois par jour à 8h, 10h, 12h, 14h, 16h. Cette technique garantie la prise alimentaire mais elle n'est pas du tout adaptée d'un point de vue éthologique. En effet, ce mode de distribution semble favoriser l'imprégnation de ces jeunes animaux qui pourrait entraîner une perte irréversible du comportement naturel. De plus, les nouveau-nés doivent être nourris souvent et avec de petites quantités. Le soigneur doit donc porter une attention particulière aux repas des nouveau-nés.

Lors de mon stage, je me suis rendu compte que les nouveau-nés n'étaient pas forcément nourris à des heures fixes et définis. Nous avons mis en place un tableau pour que les soigneurs indiquent si le repas a été distribué et si les tortues ont mangé leur ration. Ce tableau est disponible en annexe 10. Les nouveau-nés doivent recevoir 8 à 15% de leur poids vif en alimentation. Au CDS, ils reçoivent entre 30 et 40 % de leur poids vif, les nouveau-nés sont nourris à satiété.

De plus, la barquette de mixture doit être placée systématiquement au frigo entre chaque repas. Idéalement, la portion doit être à température ambiante lors du nourrissage. Pour cela, la portion doit être sortie du réfrigérateur vingt minutes avant.

II.3.5. Bilan et propositions d'améliorations

L'alimentation est un point clé pour la prise en charge des nouveau-nés. Actuellement, il n'existe pas un type d'alimentation mais plusieurs selon les recommandations pour les jeunes tortues mais la mixture réalisée à Kélonia semble assurer un bon développement des nouveau-nés. Cette recette a été mise en place au fil des années et elle évolue donc depuis 2010. De ce fait, il est difficile d'affirmer la qualité de la recette les années précédentes. En revanche, lors de mon stage, la ration assurait la croissance des nouveau-nés mais la recette n'était pas respectée à la lettre depuis l'arrivée des nouveau-nés. De ce fait, il

est difficile d'incriminer la ration en cas d'anomalies sur les nouveau-nés ou de calculer les apports pour chaque nouveau-né.

Pour les prochaines années, il serait intéressant d'analyser la ration, il est donc nécessaire de noter la quantité exacte des ingrédients après chaque préparation et de s'assurer de la qualité des aliments. Les modifications de la ration doivent être conseillées par le vétérinaire ou basées sur des publications scientifiques.

Comme indiqué précédemment, les nouveau-nés doivent être nourris à des horaires précises et à satiété. Par contre, il est essentiel que les jeunes tortues ne s'habituent pas à la présence humaine pour leur survie en milieu naturel.

II.4. Le taux de croissance et l'état corporel

II.4.1. La croissance

Chez les tortues sauvages en bonne santé, l'établissement du taux de croissance pour les individus au sein d'une population permet d'élucider l'âge de la maturité sexuelle et de contribuer au développement des modèles de vie. De plus, déterminer le taux de croissance des tortues marines est difficile à cause de leur longue espérance de vie et de leur lente croissance. Les taux de croissance ont été établis pour différentes espèces et dans des lieux géographiques différents. Il a été mis en évidence que le taux de croissance est dépendant de la température de l'eau, l'âge et les ressources alimentaires du milieu (Piovano et al., 2011 ; Bjorndal et al., 2013). Pour des tortues vertes avec une longueur droite entre 45,4 et 110,4 cm, vivant près d'une centrale qui déverse de l'eau chaude dans la baie de San Diego en Californie, le taux de croissance moyen est de 1,03 cm par an. De plus, le taux de croissance est plus élevé (4,9 cm par an) pour des tortues ayant une LD de moins de 90 cm (Eguchi et al., 2012). Ce taux de croissance est un des plus haut de la région et est comparable aux taux observés dans les régions tropicales. Les tortues vertes du Golfe du Mexique et de l'Atlantique Américain avec une longueur droite entre 16,5 et 103,6 cm ont un taux de croissance compris entre à 0,3-4,0 cm par an, mâles et femelles confondus. Plus la tortue est grande, plus son taux de croissance diminue. L'âge de maturité sexuelle pour les femelles est entre 42 et 44 ans selon les régions et correspond à une LD entre 89,7 et 101,5 cm (Goshe et al., 2010).

Le taux de croissance des tortues en captivité est extrêmement variable, il dépend de l'espèce, l'âge, la quantité et la qualité d'aliment distribué, la qualité et la température de l'eau et les pathologies des tortues. Ceci est également vrai pour les nouveau-nés.

II.4.2. L'état corporel

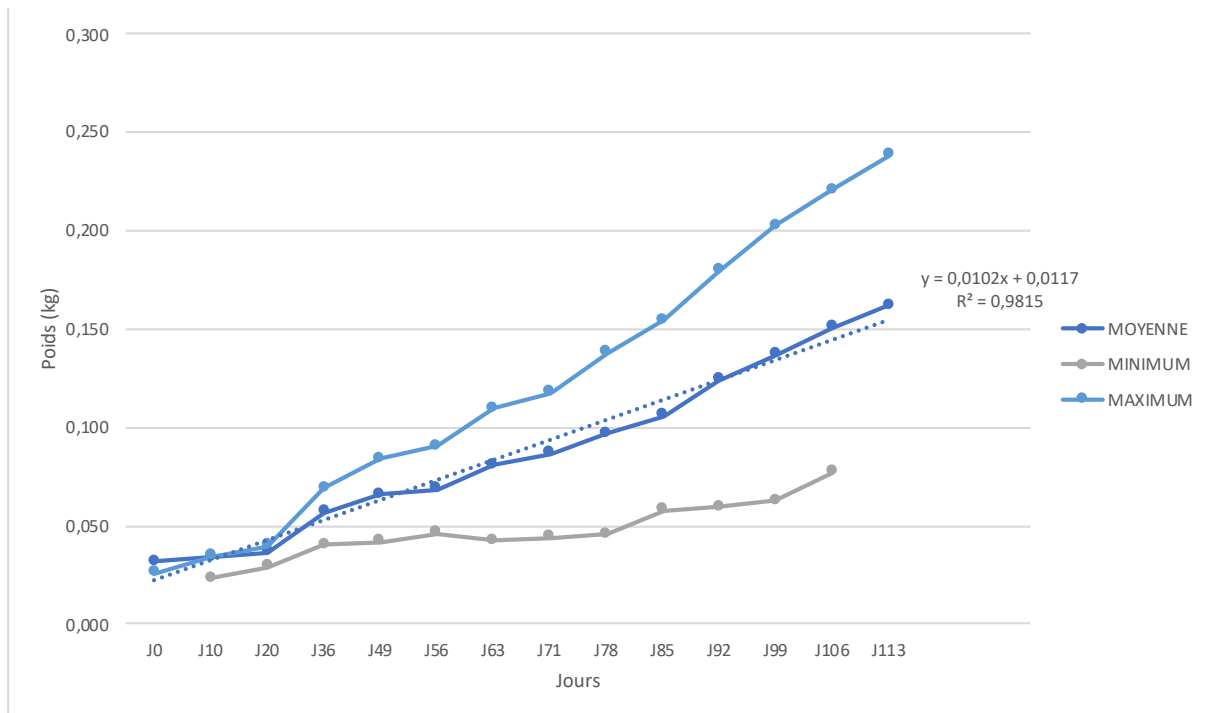
Il est important d'observer l'état corporel des tortues en captivité pour ajuster la ration distribuée et suivre leur état de santé. Pour évaluer ceci de façon subjective, une note d'état corporel peut être appliquée, de 1 à 5. Les tortues ayant un plastron creux, une fonte musculaire majeure et une perte de graisse au niveau des membres, du cou et des orbites sont considérées comme décharnées. Cet état correspond au niveau 1. Les tortues obèses (niveau 5) sont rencontrées majoritairement en captivité par manque d'exercice ou une mauvaise alimentation et dans le milieu extérieur lorsqu'elles sont nourries par l'Homme.

Il serait intéressant de mettre en place ce système de notation pour avoir une uniformisation des données entre les membres du CDS et d'objectiver l'évolution des animaux hospitalisés.

II.4.3. Étude des courbes de croissances

Le CDS de Kélonia accueille des nouveau-nés blessés ou déformés depuis 2010. Ces nouveau-nés grandissent en captivité puis sont relâchés. Depuis 2010, la taille et le poids de chaque tortue sont relevés toutes les semaines environ. De ce fait, nous pouvons étudier la croissance de ces tortues en captivité. En revanche, il est difficile de comparer les données entre les années car de nombreux paramètres changent d'une année sur l'autre comme le nombre de tortues récupérées après excavation, la cause de leur venue au centre, le nid de provenance, la ration distribuée, le type de bassin utilisé, la qualité de l'eau et la température en fonction de la période de ponte. Par ailleurs, les tortues sont relâchées à des périodes différentes après une vie en captivité plus ou moins longue et les données récoltées sont donc différentes.

A



B

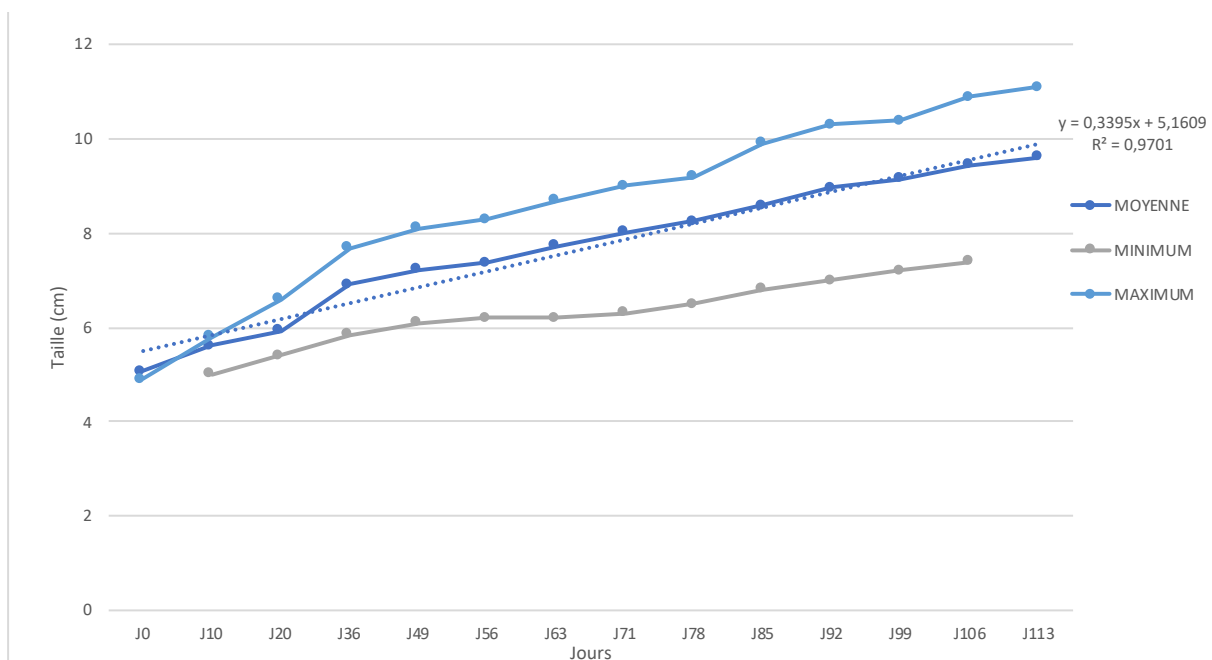


Figure 23: Courbes représentant l'évolution du poids en kilogrammes (A) et de la taille en centimètres (B) des tortues nouveau-nés de Février à Juin 2019 (© Kélonia)

Si l'on s'intéresse aux courbes de poids et de taille de l'année 2019, la courbe « moyenne », qui représente la moyenne des poids et des tailles des nouveau-nés d'un même nid, témoigne d'une croissance linéaire les premiers mois de vie.

Les courbes « minimum » et « maximum », qui représentent respectivement la tortue la plus petite et la tortue la plus grande du nid, montrent qu'il y a un écart de taille et de poids important entre les tortues d'un même nid. Cet écart peut être expliqué par plusieurs facteurs. Tout d'abord, un facteur individuel, certains individus vont grandir plus vite que d'autres. De plus, ces nouveau-nés sont récupérés pour différentes indications médicales (blessures, apathie, déformations) qui peuvent expliquer des retards de croissance chez des individus plus chétifs. Par ailleurs, en 2019, au cours de mon stage certains nouveaux-nés ont présenté des troubles cutanés et de l'anorexie. Certains d'entre eux se sont développés moins vite que les autres.

En moyenne, les tortues nées en 2019 ont, durant les quatre premiers mois de leur vie, pris 32 grammes (28-36) par mois et ont grandi d'environ 1 centimètre (0,78-1,20) (Figure 23). Par ailleurs, si l'on observe le graphique représentant la moyenne des poids et des tailles des nouveau-nés de 2010 (Figure 24) on remarque que la croissance s'accélère à partir de l'âge d'un an. Ceci est également observé pour le poids individuel des tortues nouveau-nées de 2016 (figure 25).

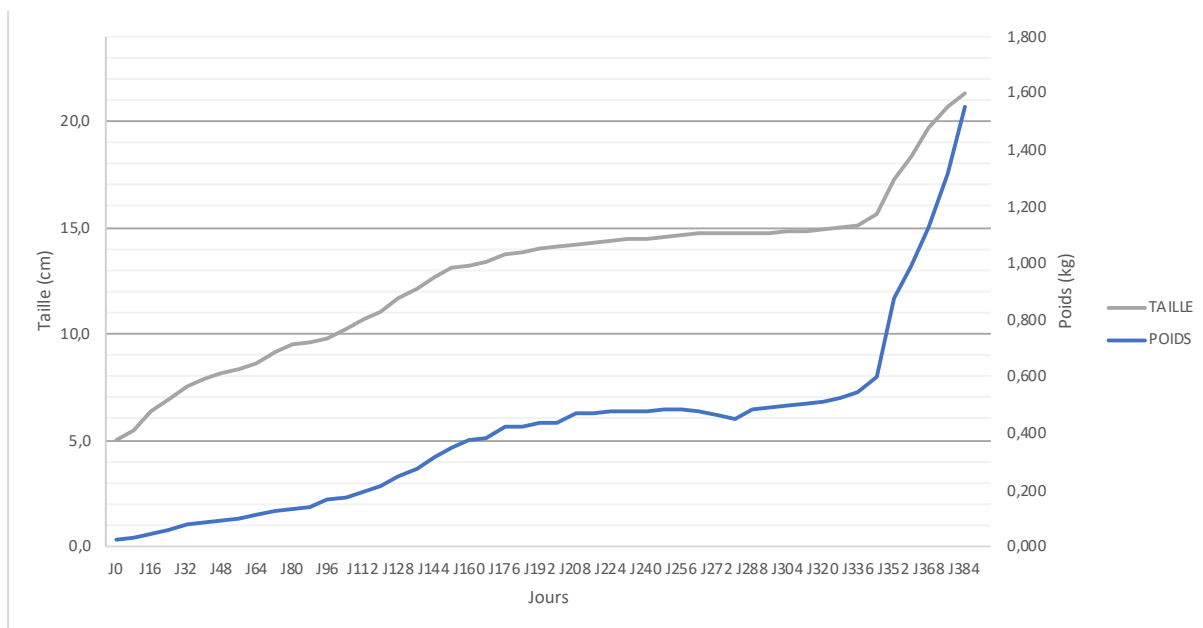


Figure 24: Courbes représentant l'évolution de la moyenne des poids (en kilogrammes) et des tailles (en centimètres) des tortues nouveau-nés de Mars 2010 à Juin 2011 (© Kélonia)

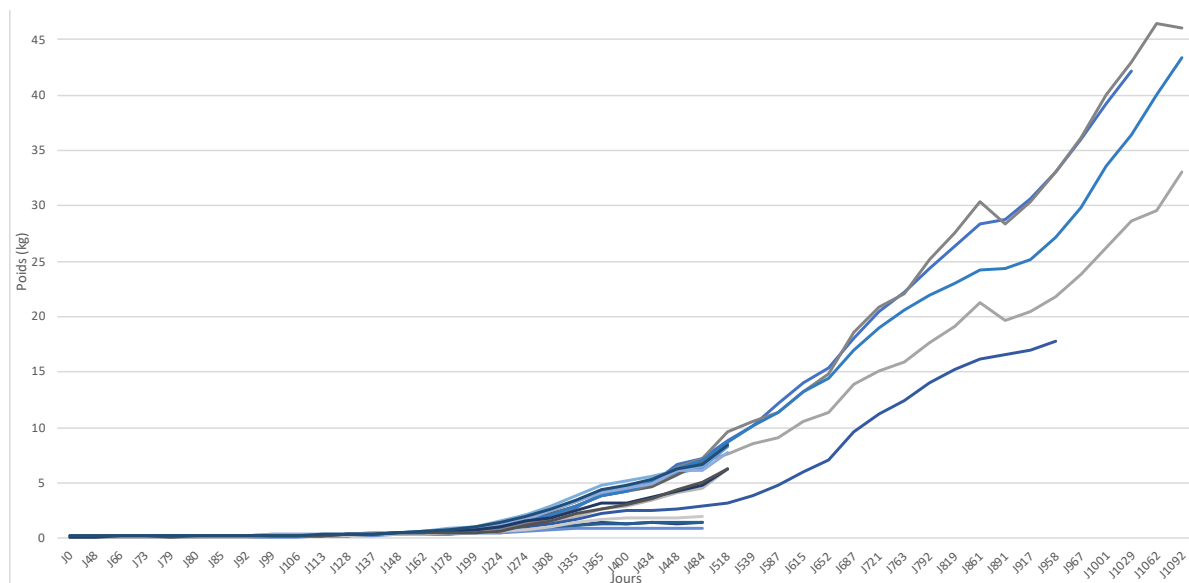


Figure 25: Courbes représentant l'évolution du poids individuel des tortues nouveau-nés en kilogrammes de Février 2016 à Juin 2019 (© Kélonia)

Sur la figure 25, on remarque que plusieurs tortues ont perdu du poids à une période de leur vie (J 891) puis en ont de nouveau gagné. Cette perte est expliquée par une diminution de l'apport alimentaire causée par la crise des gilets jaunes qui a touché sévèrement La Réunion. En effet, le stock de légumes frais et de poissons ne pouvait pas être réapprovisionné durant cette période.

II.4.4. Bilan

La croissance des tortues marines récupérées au fond des nids est possible en captivité. En revanche, il est difficile de déterminer un taux de croissance précis car il dépend de l'individu et des conditions de prise en charge effectuée durant l'année. En effet, comme les tortues sauvages, la croissance en captivité est dépendante de la température de l'eau, des ressources alimentaires du milieu et de nombreux autres facteurs. C'est pourquoi, il est difficile de comparer les taux de croissance entre les années. En revanche, ces courbes permettent de mettre en évidence que, pour des tortues d'un même nid, la croissance et la prise de poids peut être très variables d'un individu à l'autre malgré des conditions de vie similaires. Ceci s'explique par des facteurs individuels et par les différents motifs d'accueil de ces tortues au centre.

II.5. Le comportement et le bien-être des nouveau-nés

II.5.1. Le comportement et l'attitude des individus

La tortue marine étant un animal sauvage, il est essentiel d'observer son comportement, son attitude et les interactions entre les individus. De nos jours, il n'existe pas de critères précis pour évaluer le bien être de ces animaux en captivité mais Arena et al. ont étudié aux îles Cayman en 2014, le comportement à la ferme des tortues marines et ils ont mis en évidence des comportements positifs et négatifs à identifier pour évaluer le bien-être. Une fois ces critères mis en évidence, il est préconisé d'évaluer leur prévalence pour déterminer la cause du mal-être s'il a lieu. Des tableaux récapitulatifs ont été établis par les auteurs et sont disponibles en annexe 11.

Les critères négatifs sont par exemple :

- L'hyperactivité,
- Une nage persistante contre les bords du bassin,
- Les agressions entre les individus ou du cannibalisme.

Les signes positifs sont par exemple :

- Une nage calme,
- Un comportement d'exploration,
- Une prise alimentaire calme.

Le CDS de Kélonia attache une importance particulière au bien-être de chaque patient. Même si des critères précis ne sont actuellement pas utilisés, les soigneurs sont des personnes passionnées qui observent attentivement les animaux. En cas de changement de comportement ou d'agressions entre les individus, des mesures sont immédiatement prises comme la séparation des animaux par exemple. Pour les nouveau-nés, la compétition alimentaire est souvent présente et parfois du cannibalisme a été observé. Pour remédier à ce problème, plusieurs mesures ont été prises. Nous avons séparé les individus par taille, nous avons augmenté le nombre de repas distribués par jour et nous avons ajouté des petits morceaux d'endives et des brèdes chinoises (*Amaranthus blitum*) à la surface de l'eau en permanence. Ces mesures ont amélioré ce problème. Par ailleurs, les tortues nagent

calmement et sont souvent observées en position de repos (nageoire antérieure le long du corps) à la surface de l'eau.

II.5.2. Le contact avec l'Homme

Selon les auteurs du livre « Sea turtle Health and Rehabilitation » (Manire et al., 2017), la présence de l'Homme autour des aires de convalescence peut stresser certaines tortues et plus particulièrement les jeunes tortues vertes. La sensibilité à la présence humaine est souvent dépendante du tempérament individuel. Pour aider les tortues les plus impactées, il est conseillé de mettre en place des endroits pour se cacher ou couvrir partiellement le bassin pour offrir à la tortue un lieu de refuge et avoir un brise-vue.

Au CDS de Kélonia, les nouveau-nés ne sont pas en contact avec le public, les seules personnes qu'elles rencontrent sont les membres du CDS et les stagiaires. Les tortues ont tendance à associer les Hommes avec la nourriture lorsque l'on passe près des bassins.

II.5.1. L'enrichissement de l'environnement

Les tortues de mer en captivité sont souvent confinées à un environnement qui ne leur permet pas d'effectuer de nombreux comportements naturels. L'enrichissement de cet environnement améliore le comportement en permettant aux tortues d'utiliser l'ensemble de l'espace disponible, réduit les nages stéréotypées pouvant entraîner des blessures (telles que les frottements sur les parois des bassins) et encourage les activités liées à l'exploration, la recherche de nourriture et la stimulation tactile ((Therrien et al., 2007)). La promotion de comportements naturels facilite le processus de réhabilitation en stimulant l'appétit, en renforçant les défenses immunitaires et en encourageant la vigilance.

Premièrement, l'enrichissement peut être alimentaire pour stimuler l'appétit, le mouvement et la curiosité. Par exemple, on peut introduire de la nourriture vivante comme des crabes, des méduses ou des blocs de glace contenant des aliments (végétaux, crevettes...) ou disposer des grilles ou des tubes en polychlorure de vinyle (PVC) percés avec des légumes ou des poissons dans les bassins. Ces différentes méthodes permettent à la tortue de rechercher ou de chasser sa nourriture et de développer ses comportements naturels.

Deuxièmement, l'enrichissement peut être d'ordre matériel en ajoutant dans les bassins des lieux de refuge, des grattoirs, des cascades. Cet aménagement va permettre à

la tortue d'affiner son comportement d'exploration qui lui sera nécessaire lors de son retour dans l'océan. Les éléments qui sont ajoutés doivent résister à l'eau de mer et ne doivent pas pouvoir blesser la tortue. Ces objets peuvent être fabriqués en ciment, en PVC... Ces objets ne doivent pas rester en permanence dans les bassins pour éviter le dépôt d'algues et doivent être désinfectés avant chaque utilisation.

A Kélonia, aucun de ces dispositifs alimentaires ou non alimentaires est mis en place chez les nouveau-nés. Des essais ont été réalisés en ajoutant à la surface de l'eau des algues Sargasses pour reproduire le milieu naturel mais d'après le directeur de Kélonia, les tortues ne se cachaient pas dedans. Ensuite, des artémies (*Artemia salina*), une espèce de crustacés, ont été élevées pour assurer une source d'alimentation vivante et favoriser le comportement de prédation mais cet élevage n'a pas fonctionné. Par ailleurs, il est important de garder à l'esprit que ces tortues sont de petite taille et ne doivent pas se bloquer ou se blesser avec les différents dispositifs.

II.5.2. Le bruit

Des scientifiques (Stamper et al., 2017) ont observé que quelques tortues et spécialement les jeunes tortues vertes réagissent mal aux bruits (accélération de la nage, agitation et autres comportements anormaux). Le bruit peut être la vibration des pompes ou l'eau qui s'écoule avec beaucoup de pression sur les bords du bassin ou des bruits de travaux ou simplement quelqu'un qui touche le bassin avec une bague à la main.

Les comportements reflexes doivent être pris en compte s'ils apparaissent et les tortues doivent être isolées du bruit au maximum. Par exemple, l'auteur préconise que les pompes soient montées sur des bagues en caoutchouc et que la tuyauterie soit fixée sur du néoprène ou de la mousse pour limiter les bruits parasites.

Au CDS de Kélonia, les pompes étant placées loin des bassins, les jeunes tortues évoluent dans un environnement relativement calme et elles ne semblent pas être impactées par le bruit environnant.

II.5.3. Bilan et propositions d'améliorations

Kélonia attache une importance majeure au bien-être de ces pensionnaires. Ce bien-être est sans cesse surveillé par les soigneurs qui connaissent tous les animaux.

En revanche, un enrichissement de l'environnement devrait être mis en place pour favoriser les attitudes naturelles de ces tortues.

TROISIEME PARTIE

I. Étude rétrospective sur les agents infectieux et les pathologies affectant les tortues marines nouveau-nés au centre Kélonia

I.1. Introduction

Depuis 2010, le CDS de Kélonia a pris en charge 422 nouveau-nés de tortues marines après excavation des nids. La plupart d'entre eux ont été relâchés dans les premières vingt-quatre heures mais certains ont grandi en captivité et ont été affectés par différents agents infectieux. Nous allons maintenant voir quels sont les agents infectieux retrouvés chez les nouveau-nés récupérés au CDS de Kélonia et les signes cliniques associés, puis nous comparerons ces données avec celles de la littérature.

I.2. Types d'analyses réalisées au centre Kélonia

I.2.1. Collection d'échantillons

I.2.1.1. La recherche de bactéries et champignons

Les infections bactériennes et mycologiques sont très fréquentes chez les tortues élevées en captivité. La majorité de ces infections sont causées par des bactéries de la flore commensale des tortues marines (peau, système respiratoire haut, système digestif). En effet, lors de stress physique ou environnemental, les tortues sont sujettes aux infections secondaires par des germes opportunistes. Ce phénomène s'explique par une diminution du système immunitaire lors de stress. En revanche, les champignons font plutôt partie de l'environnement et ils infectent la tortue en cas de baisse du système immunitaire.

A Kélonia, lors d'apparition de lésions ou lors de décès, des analyses sont réalisées. En effet, un à plusieurs prélèvements sont effectués à l'aide (i) d'écouvillons secs stériles (Figure 23) sur les lésions, (ii) de raclages et/ ou (iii) de prélèvements de fèces. Sur l'animal décédé, on pourra en plus prélever des morceaux d'organes et les transposer dans des pots stériles ou contenant des milieux adaptés en fonction des germes recherchés. Les échantillons sont amenés directement au laboratoire de la clinique VETORUN.



*Figure 26: Écouvillon sec stérile
(© PMD médical)*

Les écouvillons sont alorsensemencés au laboratoire de Vétorun sur différentes géloses (Bromocrésol pourpre (BCP), Columbia +5% de sang de mouton (COS)...) pour rechercher différents types de bactéries plus ou moins sélectives. Pour la mycologie, c'est uniquement une gélose sabouraud chloramphénicol. Les géloses sont laissées à température ambiante. Ensuite, les identifications des souches se font à l'aide de galerie d'identification (Api20E - ApiStaph – ApiStrepto). Pour les identifications plus complexes, les souches sont envoyées à un laboratoire en métropole qui dispose d'un spectromètre de masse de type MALDI-TOF.

Un antibiogramme est effectué systématiquement, le principe consiste à déposer l'échantillon sur une gélose spécifique et à appliquer des disques d'antibiotiques en concentrations connues. Après incubation, les diamètres d'inhibition de la croissance bactérienne autour des disques sont mesurés et enregistrés. Cet antibiogramme va permettre de choisir l'antibiotique en fonction de la sensibilité de la souche identifiée. L'antibiotique sera aussi choisi en fonction de sa disponibilité au lieu de l'infection, de son mode d'action, de ses propriétés pharmacodynamiques et pharmacocinétiques et sur la praticité d'utilisation auprès des jeunes tortues marines.

L'antifongigramme existe également mais n'est pas réalisé en routine. Son but est le même que celui de l'antibiogramme, déterminer la Concentration Minimum Inhibitrice (CMI) d'une souche fongique vis-à-vis de divers antifongiques. Par définition, la CMI est la plus faible concentration d'antifongique capable de provoquer une inhibition complète de la croissance d'une souche donnée après une certaine période d'incubation. La fiabilité d'un antifongigramme est influencée par de nombreux paramètres qui doivent être rigoureusement contrôlés.

1.2.1.2. La recherche de virus

A l'heure actuelle, seulement quatorze familles de virus affectent les reptiles et seulement quatre ont été décrites chez les tortues marines (Ariel, 2011). On retrouve donc la famille des Herpesviridae, des Tornaiviridae, des Papillomaviridae et des Retroviridae. Ces quatre familles ont toutes été retrouvées chez des tortues présentant des affections cutanées. Les signes cliniques sont rarement causés par le virus directement mais par une réponse immunitaire trop importante ou par des agents pathogènes opportunistes. En effet, le relargage de médiateurs de l'inflammation, de toxines et de cytokines va entraîner la nécrose des cellules et causer de la léthargie, une perte d'appétit et de la cachexie.

Au centre de soins de Kélonia, aucune recherche d'agents viraux n'a été effectuée jusqu'à ce jour. En revanche, lors de mon stage, les jeunes tortues vertes ont développé des troubles cutanés. Nous avons donc fait réaliser une recherche d'agents viraux par réaction en chaîne par polymérase (PCR) dans un laboratoire adapté.

1.2.1.3. La recherche de parasites

Les tortues marines servent de refuges pour différentes espèces de parasites internes et externes. Afin de détecter la présence de parasites internes, des analyses des selles sur les nouveau-nés ont été mises en place. Les selles sont prélevées le matin dans l'eau de tous les bacs des tortues dans des pots stériles. Les pots sont identifiés et portés au laboratoire de la clinique Vétorun.

Premièrement, une analyse macroscopique des selles est réalisée afin d'apprécier la consistance, la couleur des selles et d'observer la présence d'éléments parasitaires. Puis, un examen microscopique est réalisé. Un échantillon de selles est mélangé avec une solution saline en même quantité dans un tube à hémolyse. Le mélange est étalé sur une lame puis observé au microscope optique à l'objectif x10 puis x40 dans les 20 minutes qui suivent le prélèvement. Cette technique va permettre de voir des flagellés et certains œufs de parasites. De plus, la méthode d'enrichissement par flottaison est également utilisée. Un liquide de densité supérieure aux œufs de parasites est ajouté aux selles. Il permet de faire remonter les œufs vers la surface et d'entraîner les débris vers le fond. Plus le liquide est dense, meilleure est la sensibilité pour détecter des œufs.

I.2.2. Procédures de nécropsie

I.2.2.1. L'examen post-mortem

L'examen post-mortem va nous permettre de déterminer et de comprendre la cause de la mort de l'animal, d'effectuer des analyses et d'acquérir des connaissances sur les pathologies des tortues marines. Cet examen doit être réalisé par un vétérinaire qui doit connaître les particularités anatomiques des tortues marines comme la présence de spicules dans l'œsophage, la présence de deux aortes et d'un seul ventricule ainsi que l'absence de diaphragme.

La nécropsie idéale doit contenir quatre phases :

- Connaître l'historique et les commémoratifs de la tortue,
- Examen et dissection de la carcasse puis réalisation d'une liste des lésions macroscopiques observées,
- Envoi de prélèvements à l'histopathologie pour déterminer les lésions microscopiques,
- Réalisation de prélèvements (génétiques, bactériologiques...).

A Kélonia, les dissections sont réalisées dans le laboratoire sur une table prévue à cet effet ou à l'extérieur, devant le centre de soins, si l'état de putréfaction de l'animal est avancé. Il arrive que certaines nécropsies soient réalisées à la clinique Vetorun. Des mesures sanitaires sont mises en place : le laboratoire est rangé pour éviter que le matériel qui ne sert pas aux nécropsies soit souillé, un pédiluve est mis en place à l'entrée, les personnes présentes doivent porter du matériel jetable (gants, sur- bottes et casaque) et un nettoyage et une désinfection de l'ensemble des surfaces et du matériel sont réalisés à la fin. Le produit utilisé dans le pédiluve et pour la désinfection est la chloramine T (HALAMID®).

Lors de l'examen, un opérateur note les remarques du vétérinaire concernant chaque organe, sur une feuille de données spécialement conçue pour les nécropsies (annexe 12). Cette feuille a été mise en place en 2016. Cette fiche permet de récolter des informations précises. Auparavant, les données récoltées étaient seulement notées sur le registre d'élevage du CDS et manquaient parfois de précisions.

I.2.2.2. Les résultats des nécropsies des nouveau-nés

A Kélonia, les nécropsies des nouveau-nés décédés dans les premières semaines de vie ne sont pas systématiquement réalisées. Cet aspect est un point négatif car

ces données permettraient de comprendre la cause de la mort de ces bébés et éventuellement connaître les types de pathogènes présent dès le plus jeune âge. De plus, il serait intéressant de réaliser des prélèvements systématiquement dans les nids sur les œufs puis quelques nouveau-nés. Ces analyses permettraient de savoir si les jeunes tortues sont porteuses d'agents pathogènes dès la naissance ou si les germes les plus fréquemment rencontrés sont opportunistes.

En revanche, lors de pathologies observées à Kélonia, les nécropsies sont réalisées dans le laboratoire du centre de soins ou à la clinique Vétorun. Peu de nécropsies ayant été réalisées sur les nouveau-nés depuis 2010, il est délicat de mettre en évidence les types d'affections les plus fréquemment rencontrées. En revanche, il est possible de faire un bilan des lésions observées au CDS depuis 2010.

Tout d'abord, une tortue est décédée suite à une malformation très importante de la carapace qui a entraîné un fécalome. Ce fécalome avait été soigné médicalement à plusieurs reprises mais il a entraîné le décès de l'animal. Différentes tortues ont présenté des stomatites (Figure 27-1), des dermatites ulcératives, des micro-abcès hépatiques (Figure 27-2), des néphrites, des blépharites et des cas de non-résorption du sac vitellin (Figure 27-3), comme le démontrent les photographies ci-dessous. Ces nécropsies prouvent que l'ensemble des organes peuvent être atteints.

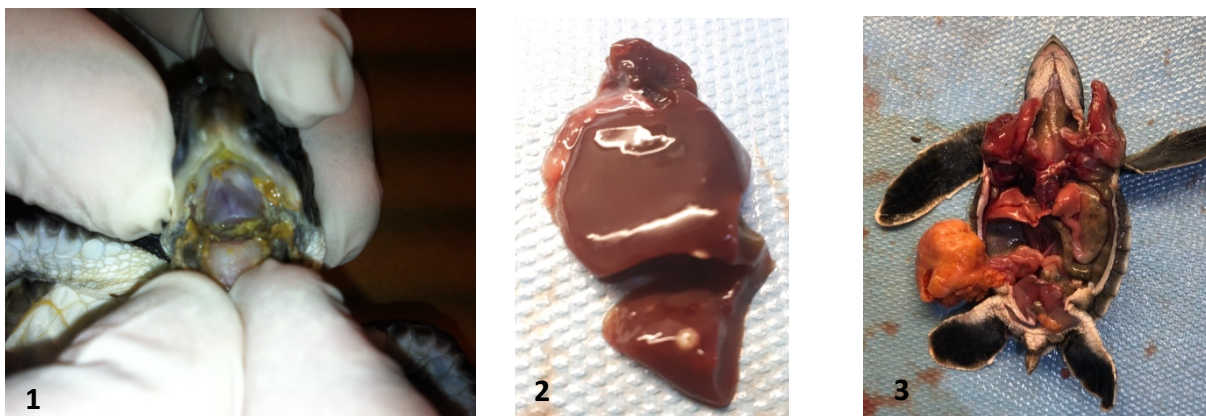


Figure 27: Photographies réalisées lors de nécropsies de nouveau-nés (© Kélonia)

1 - stomatite fibrino-nécrotique, 2- hépatite suppurée multifocale, 3- non-résorption du sac vitellin

Comme le démontrent de nombreuses publications, les dermatites ulcératives, les stomatites, les rhinites, les trachéites et les pneumonies sont des lésions fréquemment rencontrées chez les tortues vertes en captivité (Glazebrook, Rsf Campbell,

1990 ; Glazebrook, R S F Campbell, 1990). Ces lésions sont souvent causées par une multitude de bactéries dont nous parlerons par la suite (I.3.).

I.3. Compilation des résultats d'analyse obtenus au centre Kélonia de 2010 à 2019

I.3.1. Résultats des analyses bactériologiques

I.3.1.1. Les germes retrouvés chez les tortues marines adultes de Kélonia

Sur le site de Kélonia, différentes espèces de tortues marines sont présentes, d'âge et de taille variés. Elles sont admises au centre pour des causes variées (pêche accidentelle, attaque de requins...). A leur arrivée ou durant leur convalescence certaines d'entre elles développent des affections (cutanées, respiratoires...). De ce fait des analyses sont réalisées et notamment des écouvillons cutanés, buccaux, sur les plaies ou sur les organes durant les autopsies chez ces tortues malades afin de déterminer le ou les germes causant l'affection et effectuer un antibiogramme afin d'adapter le traitement. Chaque année la clinique Vétorun répertorie les différents germes retrouvés au sein du CDS à Kélonia afin de connaître la prévalence des différents types de bactéries recherchées chaque année (figure 28) et de pouvoir effectuer des comparaisons par année (Tableau 5).

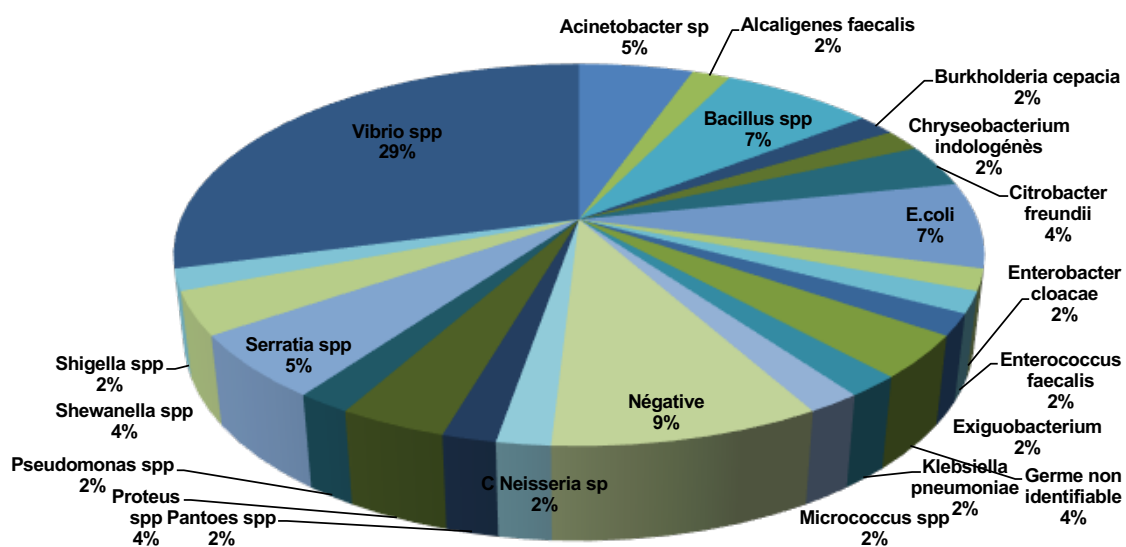


Figure 28: Diagramme représentant les différentes bactéries retrouvées à partir des prélèvements réalisés sur les tortues marines du centre de soins de Kélonia entre juin 2017 et juillet 2018 (© VETORUN)

Tableau 5: Tableau représentant les différentes bactéries retrouvées à partir des prélèvements réalisés sur les tortues marines du centre de soins de Kélonia de 2014 à 2018 (© Clinique VETORUN)

	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Acinetobacter spp</i> (%)	3	5	7	1	5
<i>Bacillus spp</i> (%)	0	3	0	3	7
<i>Citrobacter spp</i> (%)	38	11	23	10	4
<i>Enterobacter spp</i> (%)	8	5	9	0	4
<i>Klebsiella spp</i> (%)	3	5	9	13	2
<i>Pseudomonas spp</i> (%)	14	3	3	3	2
<i>Enterococcus spp</i> (%)	8	0	2	1	0
<i>Vibrio spp</i> (%)	0	0	0	25	29
Négative (%)	11	36	23	24	9
Effectif	37	92	116	68	55

Si l'on s'intéresse aux germes les plus fréquemment retrouvés chez les tortues marines du CDS ces dernières années, on s'aperçoit qu'*Acinetobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Bacillus* et *Citrobacter* prédominent. Par ailleurs, depuis deux ans, on observe une apparition massive de vibrios. L'ensemble de ces bactéries sont des bactéries Gram négatif (sauf *Bacillus*). En effet, la majorité des infections bactériennes des tortues marines sont causées par des bactéries Gram négatif opportunistes (Innis, Frasca, 2017), le plus souvent commensales chez les tortues marines. Mais intéressons-nous maintenant aux pathogènes retrouvés chez les jeunes tortues marines.

1.3.1.2. Les germes retrouvés chez les nouveau-nés de Kélonia

Depuis 2010, 62 analyses au total ont été effectuées sur les nouveaux-nés malades et lors des nécropsies. Douze bactéries différentes ont été identifiées. Ces bactéries sont *Citrobacter freundii*, *Citrobacter braakii*, *Pseudomonas spp*, *Proteus spp*, *Aeromonas hydrophila*, *Enterobacter cloacae*, *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Providencia alcaligenès*, *Vibrio harveyi* qui sont des bactéries Gram négatif et *Micrococcus spp*, *Staphylococcus spp* qui sont Gram positif (Figure 29). L'ensemble de ces bactéries ont été identifiées après prélèvements sur différentes parties du corps (peau, reins, foie, yeux...)

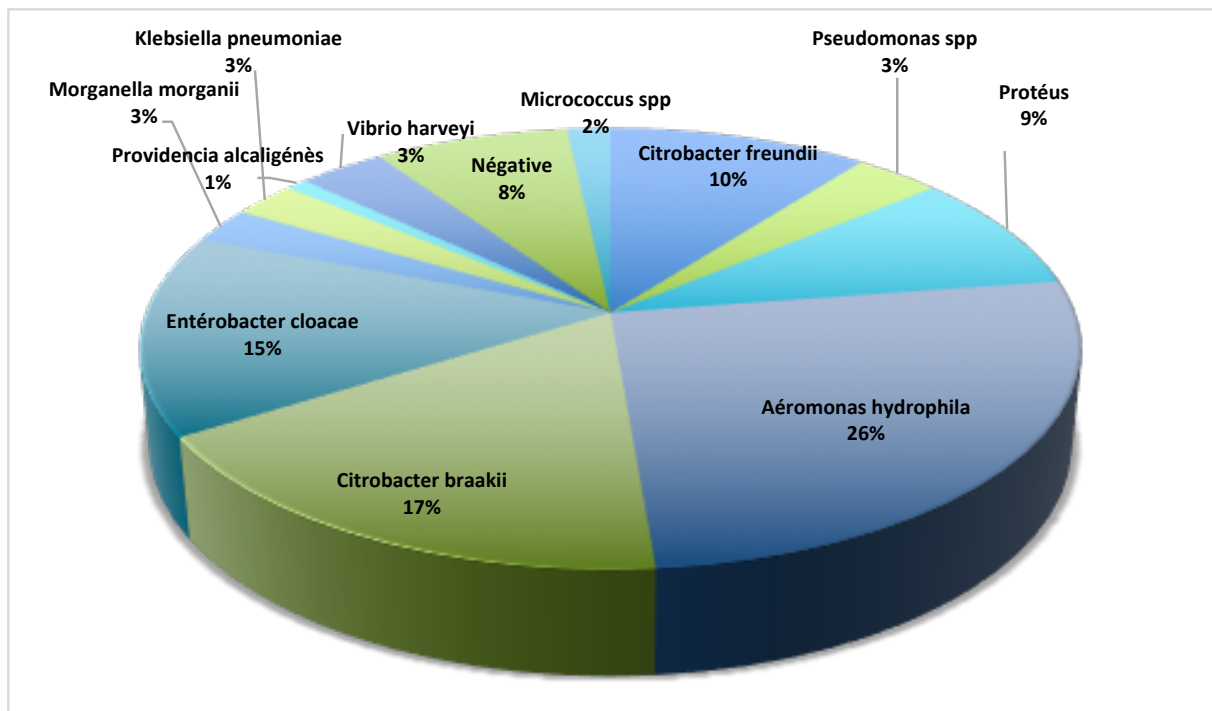


Figure 29: Diagramme représentant les différentes bactéries retrouvées à partir des prélèvements sur les nouveau-nés réalisés au centre de soins de Kélonia de 2010 à 2019 (n=62) (© Laura Hébrard)

Comme chez les tortues adultes, on retrouve majoritairement des bactéries Gram négatif. La majorité des infections est causée par ce type de bactéries chez les tortues marines (Glazebrook, Rsf Campbell, 1990 ; Glazebrook, R S F Campbell, 1990 ; Raidal et al., 1998 ; Chuen-Im et al., 2010 ; Innis et al., 2014). De plus, les bactéries Gram négatif sont également les bactéries présentes chez les tortues saines (Santoro et al., 2006 ; Soslau et al., 2011). En effet, chez les tortues saines et dans l'eau de leurs bassins (Warwick et al., 2013), on retrouve *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Photobacterium*, *Proteus*, *Providencia*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Serratia*, *Shewanella*. Les bactéries Gram négatif sont donc souvent des germes opportunistes qui profitent d'une baisse d'immunité de la tortue pour les infecter. Ces bactéries pourront alors être à l'origine de sepsis, pneumonie et ostéomyélite principalement.

Par ailleurs, des études montrent que l'on retrouve également des bactéries Gram positif après des prélèvements oraux, nasaux et cloacaux comme *Bacillus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Micrococcus spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.* (Innis, Frasca, 2017). *Bacillus spp.* a été isolé lors de nécropsies dans le foie et les poumons d'une tortue verte élevée en captivité (Raidal et al., 1998). *Bacillus spp.* et *Micrococcus spp.* ont été retrouvés sur des lésions de dermatite ulcéraire sur des tortues vertes et des tortues imbriquées. *Streptococcus spp.*, *Micrococcus spp.* et *Staphylococcus spp.* ont été identifiées

sur des lésions orales et cutanées chez des tortues juvéniles élevées en captivité (Chuen-Im et al., 2010). Ces bactéries ont été retrouvées sur les mêmes types de lésions durant mon stage à Kélonia.

Cette année, comme sur les tortues adultes, beaucoup de bactéries *Vibrio spp* ont été retrouvées. Work et al. ont démontré que la présence de ces bactéries était souvent corrélée à la fibropapillomatose (Work et al., 2003); mais actuellement à Kélonia, aucun cas de fibropapillomatose n'a été mis en évidence chez les nouveau-nés.

1.3.1.3. Suivi de l'antibiorésistance

Depuis plusieurs années, un suivi de la résistance aux antibiotiques et une réduction de l'usage des antibiotiques sont assurés à Kélonia. Pour cela, après l'identification des bactéries, un antibiogramme est réalisé systématiquement afin d'utiliser l'antibiotique le plus adapté et d'éviter l'apparition de souches multirésistantes. Par ailleurs, lorsque des souches de bactéries sont rencontrées plusieurs fois, les antibiogrammes sont comparés entre eux pour mettre en évidence la résistance des germes à certains antibiotiques et établir un plan thérapeutique adapté.

1.3.2. Résultats des analyses mycologiques

Lors de mon stage, les jeunes tortues ont développé des troubles cutanés caractérisés par un soulèvement des écailles et un blanchissement des sillons entre les écailles comme le démontre la figure 30.



Figure 30: Troubles cutanés observés chez les nouveau-nés du centre de soins de Kélonia en 2019 (© Laura Hébrard)

Une culture fongique sur gélose Sabouraud a été réalisée par la clinique vétérinaire Vétorun. Une souche a poussé et a été envoyée dans un laboratoire à Nantes pour identification. Malheureusement, les dermatophytes isolés étant absents de la base de données, ces derniers sont toujours en cours d'identification. Un traitement probabiliste à base de bains d'énilconazole (Imaveral ND) a été mis en place mais certaines tortues sont décédées.

I.3.3. Résultats des analyses virologiques

La recherche de virus par PCR a eu lieu au centre Kélonia cette année pour la première fois en Août 2019. En effet, une PCR sur écouvillon cutané a été envoyée dans un laboratoire extérieur et au laboratoire de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse pour la recherche d'Herpes virus. Cette recherche s'est révélée négative.

Cette recherche avait été entreprise suite à l'apparition de troubles cutanés (figure 31) dont les symptômes évoquaient la « Grey Patch Disease (GPD) », une dermatose papuleuse puis ulcéreuse décrite en 1975 (Rebell et al., 1975) dans une ferme d'élevage aux îles Cayman.



Figure 31: Troubles cutanés observés chez les nouveau-nés du centre de soins de Kélonia en 2019 (© Laura Hébrard)

Cette affection est causée par un Herpes virus, le « *Chelonid Herpesvirus 1* ». D'un point de vue microscopique, ces lésions sont caractérisées par la nécrose de l'épiderme

superficiel (ulcère), une hyperkératose et une hyperplasie de l'épiderme avec acantholyse. De plus, elles touchent dans 70-95 % des cas des tortues vertes élevées en captivité âgées de 50 à 80 jours. Les lésions se développent durant de nombreux mois et régressent spontanément vers l'âge d'un an. Un pic de mortalité apparaît 8 à 12 semaines après l'apparition des premiers troubles cutanés.

Cette affection serait provoquée par un stress. Une température trop élevée de l'eau, une eau chargée en matières organiques (Haines, Kleese, 1977) et une forte densité d'individus seraient les principales causes de survenue de l'affection. La transmission du virus se fait *via* l'eau des bassins et verticalement entre les individus (Haines, 1978)

1.3.4. Résultats des analyses parasitologiques

Lors d'examen des selles, trois types de parasites internes ont été retrouvés chez les nouveau-nés. En effet, des trématodes *Octangium sp.*, des nématodes et des protozoaires flagellés de la famille des *Hexamita* spp ont été retrouvés.

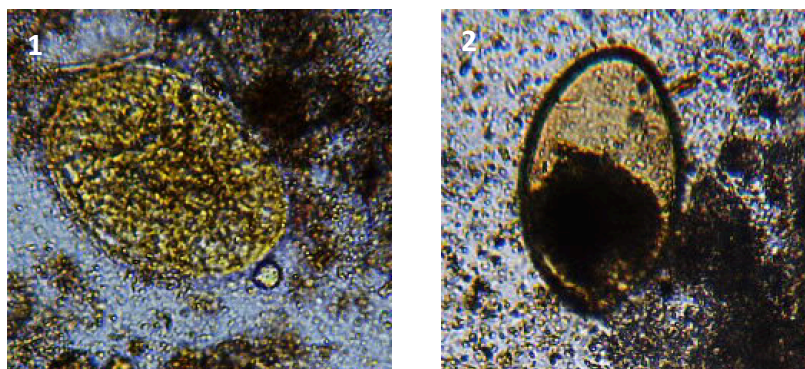


Figure 32: Oeufs de trématodes (1) et de nématodes (2) retrouvés dans les fécès des nouveau-nés
2019 © Clinique vétérinaire

Lors de la découverte de parasites dans les selles, un traitement antiparasitaire est systématiquement mis en place. Les tortues reçoivent *per os* ou mélangé à l'alimentation un traitement à base de :

- Praziquantel (Cestocur ND) : 25mg/kg une fois par jour durant trois jours,
- Métronidazole (Flagyl 4% ND) : 60 mg/kg deux fois à une semaine d'intervalle.

Les ectoparasites seront quant à eux éliminés en plaçant les tortues dans des bains de chloramine T (ou n-chloro-tosylamide de sodium, Halamid®) 1 %.

Une coprologie de contrôle doit être effectuée 15 jours après le traitement pour savoir si celui-ci a été efficace. Malheureusement, elle n'est pas toujours réalisée en routine.

Dans la littérature, les parasites les plus fréquemment rencontrés chez les nouveau-nés sont les coccidies *Caryospora chelonian*. Ces coccidies causent une mortalité importante, mais récemment un traitement efficace à base de ponazuril et métronidazole a été mis en évidence (Conde et al., 2019). Pour les œufs de nématodes, les auteurs préfèrent un traitement à base de pyrantel pamoate chez les nouveau-nés (Pelton, Manire, 2017)

I.4. Discussion

De nombreuses analyses sont réalisées au centre de soins Kélonia en cas de lésions observées chez les nouveau-nés. Elles permettent de mettre en évidence les agents infectieux retrouvés sur les lésions et de mettre en place des plans thérapeutiques ciblés et efficaces. Par ailleurs, une comparaison avec la littérature permet d'essayer d'identifier les pathologies récurrentes chez les nouveau-nés élevés en captivité et de mettre en place les mesures nécessaires afin d'éviter leur apparition. Cette étude permet également de mettre en évidence l'importance des nécropsies et d'affirmer qu'elles doivent être réalisées systématiquement lors de la mort d'un individu.

Pour finir, il serait intéressant de connaître la flore bactérienne et fongique présente sur les œufs à La Réunion et d'essayer de déterminer si les tortues plus faibles lors de l'excavation des nids sont plus contaminées que les autres. En revanche, les tortues vertes étant en danger d'extinction, il est bien évidemment interdit de sacrifier des œufs ou des individus. Al-Bahri et al. (2009) ont identifié *Aeromonas spp.*, *Citrobacter spp.*, *Echerichia spp.*, *Enterobacter spp.*, *Flavobacterium spp.*, *Pasteurella spp.*, *Providencia spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Rahnella spp.*, et *Salmonella spp.* dans des œufs de tortues vertes. Ces bactéries étaient présentes dans la coquille des œufs, l'albumen, le vitellus mais cette étude ne parle pas de l'impact de ces agents pathogènes sur la viabilité des œufs (Al-Bahry et al., 2009).

II. Le devenir de ces tortues marines

II.1. Le maintien en captivité au centre de soins

II.1.1. Rôle dans diverses études scientifiques

Ces tortues vertes élevées en captivité vont participer activement aux recherches scientifiques. En effet, grâce à elles, les scientifiques ont pu mettre en évidence la stabilité des écailles faciales chez les tortues marines et la mise au point d'une nouvelle technique d'identification : la photo-identification (Carpentier et al., 2016).

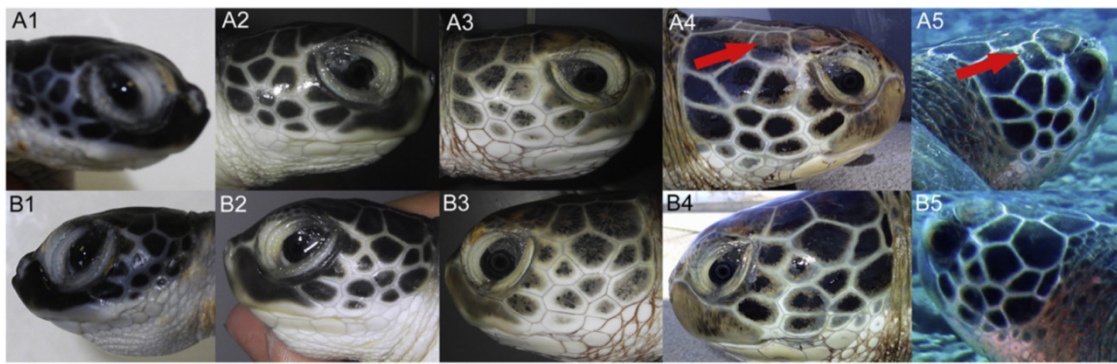


Figure 33: Profil droit et profil gauche d'une tortue verte à différents stades de développements (© Carpentier et al., 2016).

Elles ont aussi permis de mettre en évidence le déplacement des tortues vertes juvéniles dans l'océan Indien grâce à la mise en place de balise en partenariat avec Dr Mansfield, Dr Dalleau, et Mr Ciccione. Cette expérience sera développée par la suite.

Par ailleurs, l'ensemble des données récoltées au centre de soins sont précieuses pour améliorer la prise en charge des nouveau-nés blessés ou déformés à la Réunion, mettre au point une ration alimentaire adaptée aux juvéniles et étudier les agents pathogènes affectant les juvéniles en captivité. De plus, des prélèvements de peau et d'écailles sont effectués pour permettre des études génétiques.

Pour finir, le CDS de Kélonia en partenariat avec le CEDTM tient particulièrement à valoriser le travail réalisé par le pôle scientifique et favorise le partage d'expériences avec d'autres scientifiques. Ces points clefs permettent un enrichissement mutuel des connaissances et des compétences. Cette pratique permet d'optimiser la

réhabilitation des animaux en mettant en œuvre des pratiques et des soins qui prennent en compte les dernières publications et innovations.

II.1.2. Rôle dans la pédagogie du public et la conservation de l'espèce

En tant qu'observatoire des tortues marines, Kélonia assure l'information du grand public. En effet, lors de la visite du site à la Réunion, des visites guidées sont organisées et ont pour but de sensibiliser les habitants et les touristes aux menaces qui impactent les tortues marines. Pour cela, l'espace muséographique comprend un musée historique qui retrace l'évolution des tortues marines au cours du temps et l'histoire du site de Kélonia, un musée à visée scientifique qui accueille des expositions temporaires sur les dernières données scientifiques, une salle sur la biologie des tortues marines, une salle sur la pollution plastique et également une salle de cinéma projetant des documentaires ou des dessins animés pour le jeune public. De plus, un parcours extérieur avec des bassins contenant les tortues de terre et les tortues marines en réhabilitation est accessible pour l'ensemble des visiteurs.

Les jeunes tortues vertes élevées en captivité vont avoir plusieurs rôles dans la sensibilisation du grand public. Tout d'abord, elles vont permettre au centre d'avoir toujours des tortues visibles par le public lorsqu'elles sont en bonne santé et de taille suffisante pour être dans de grands bassins. Elles vont ensuite être relâchées sur des plages en présence de scolaires, de la presse locale et de personnes présentes sur place. Ces remises en liberté vont permettre aux membres de Kélonia d'expliquer la biologie des tortues marines et l'importance de préserver leur environnement. Les tortues seront également parrainées par des écoles ou des particuliers qui pourront donner un nom à la tortue et recevoir des informations sur le trajet de l'animal s'il est balisé. Ces parrainages permettent également de récolter des fonds pour le fonctionnement du CDS.



Figure 34: Remise en liberté d'une tortue verte ayant été sauvée lors d'excavation de nid et ayant grandi en captivité à Kélonia (© Mathieu Barret)

Au cours de mon stage, j'ai eu le privilège de pouvoir participer à l'information des visiteurs du site sur les tortues marines. Ces échanges étaient enrichissants et m'ont permis de participer activement à la sensibilisation du grand public.

II.2. La remise en liberté dans leur habitat naturel

II.2.1. La mise en place de balise GPS

Pendant la frénésie de natation à la suite de l'éclosion, il a été démontré que les tortues nagent dans des directions qui devraient les entraîner dans les courants de surface locaux, ce qui facilite leur déplacement dans les bassins océaniques. Les courants peuvent également avoir une influence sur la répartition des tortues juvéniles (Hawkes et al., 2009).

Afin de connaître le déplacement des jeunes tortues marines à la Réunion et dans l'océan Indien, des balises GPS ont été mises en place en 2012, 2014, 2018 sur des tortues juvéniles aux premiers stades (entre 3 et 4 kg et mesurant entre 30 et 35 cm de LD) ayant grandi en captivité à Kélonia. Ces trois programmes nommés TINY I, II, III ont été réalisés par les scientifiques de Kélonia et du CEDTM avec l'aide du Dr Kate Mansfield de l'université de Floride Centrale, qui est l'une des références dans le domaine du « tracking » des petits individus (Mansfield et al., 2012 ; 2017). Ces programmes étaient financés par la région Réunion, la Réunion des Musées Régionaux (RMR), Kélonia et le Plan National d'Action Tortues Marines (PNA).



Figure 35: Tortue juvénile de premier stade équipée d'une balise GPS avant sa remise en liberté (© Claire Jean)

Les résultats obtenus n'ont pas été sujets à la réalisation de publications scientifiques à ce jour car le nombre d'individus n'était pas représentatif et la durée des suivis était comprise entre 15 jours et deux mois. Mais il est prévu de renouveler cette expérience sur d'autres tortues de cette taille et de plus petite taille lorsque des financements pour de nouvelles balises seront possibles. Les résultats obtenus sont très encourageants (Figure 36). En effet, lorsque l'on compare le trajet effectué par les nouveau-nés et les courants marins durant la même période, on s'aperçoit que les nouveau-nés se déplacent comme le courant de surface présents. Ceci montre que les nouveau-nés utilisent les courants marins pour faciliter leurs déplacements et limiter leur consommation d'énergie.

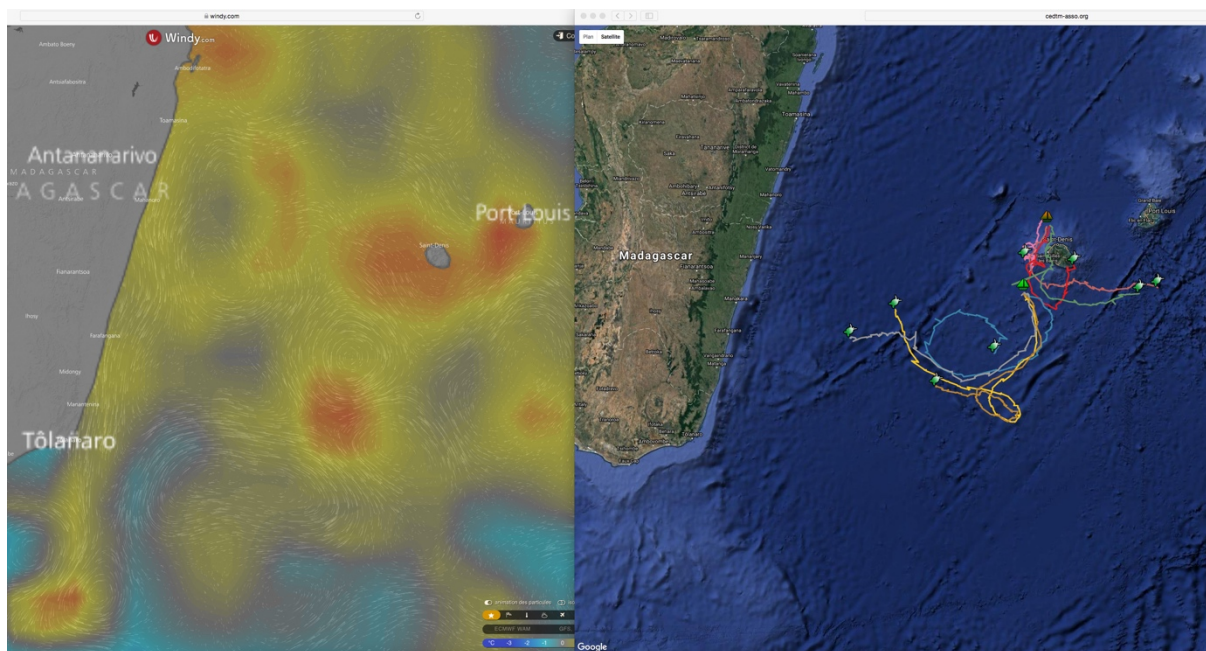


Figure 36: Comparaison entre les courants marins de l'océan Indien (à gauche) et les déplacements GPS des tortues juvéniles après leur mise en liberté (à droite) (© Stéphane Ciccione, Mayeul Dalleau)

Malheureusement, toutes les tortues marines élevées au centre de soins ne peuvent pas être équipées d'une balise. Nous allons maintenant voir les critères pour relâcher ces tortues marines.

II.2.2. Les critères à respecter pour remettre ces tortues dans leur milieu naturel

Kélonia a établi des critères pour relâcher les tortues marines dans leur milieu naturel. Premièrement, les tortues sont relâchées dans des lieux différents en fonction de leur âge et de leur taille. En effet, certains nouveau-nés sont relâchés la première semaine après leur arrivée au centre si leur vivacité le permet. Ces individus vont être libérés sur le sable de la plage où ils sont nés. Pour les autres individus, ils vont rester en captivité plus longtemps. Ils ne pourront être remis en liberté que si leur croissance est positive et qu'ils présentent un bon état général. En fonction des études scientifiques en cours, les tortues seront relâchées plus ou moins tôt. Si leur poids est inférieur à huit kilogrammes, elles seront remises en liberté depuis un bateau au large de l'île directement dans l'océan. Ce lieu a été choisi pour respecter les lieux de vie que la tortue aurait normalement fréquentées si elle avait grandi dans son milieu naturel. Si elles pèsent plus de huit kilogrammes la tortue sera relâchée depuis les plages de la Saline les bains, l'Ermitage les bains ou Saint-Gilles-les bains. Ces plages ont été choisies car elles abritent la réserve naturelle marine de la Réunion et des herbiers marins essentiels pour l'alimentation des tortues vertes. Avant d'être relâchées, les tortues doivent rester dans un bassin d'acclimatation qui reproduit les conditions naturelles durant environ quatre mois. Pour finir, avant toute remise en liberté, une prise de sang est réalisée pour vérifier que les paramètres sanguins sont dans les valeurs usuelles de l'espèce. Si cette prise de sang révèle des anomalies, la tortue n'est pas relâchée. Sa remise en liberté sera programmée pour plus tard.

II.2.3. Le devenir des fonds de nids

II.2.3.1. Les résultats encourageants

Depuis 2010, 422 tortues vertes nouveau-nés ont été accueillies au centre de soins. Grâce aux données récoltées par le CDS, nous pouvons voir sur ce graphique que seulement 19 % des tortues recueillies depuis 9 ans sont décédées (Figure 37). La majorité des

jeunes tortues sont relâchées durant leur première semaine au centre de soins. Pour les autres, elles seront libérées avec ou sans balise en fonction des études scientifiques en cours.

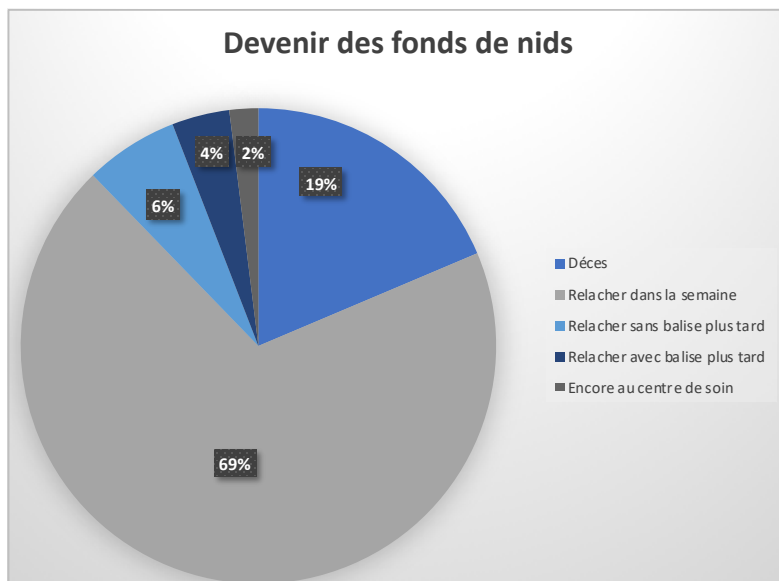


Figure 37: Graphique mettant en évidence le devenir des tortues vertes récupérées au fond des nids à La Réunion (© Laura Hébrard)

Par ailleurs, si l'on regarde de plus près la période de mortalité après leur arrivée au CDS, nous pouvons voir que les premières heures et la première semaine sont les périodes les plus sensibles. Ce taux de mortalité est imputable à la fragilité et donc la vulnérabilité de certaines tortues récupérées au fond des nids.

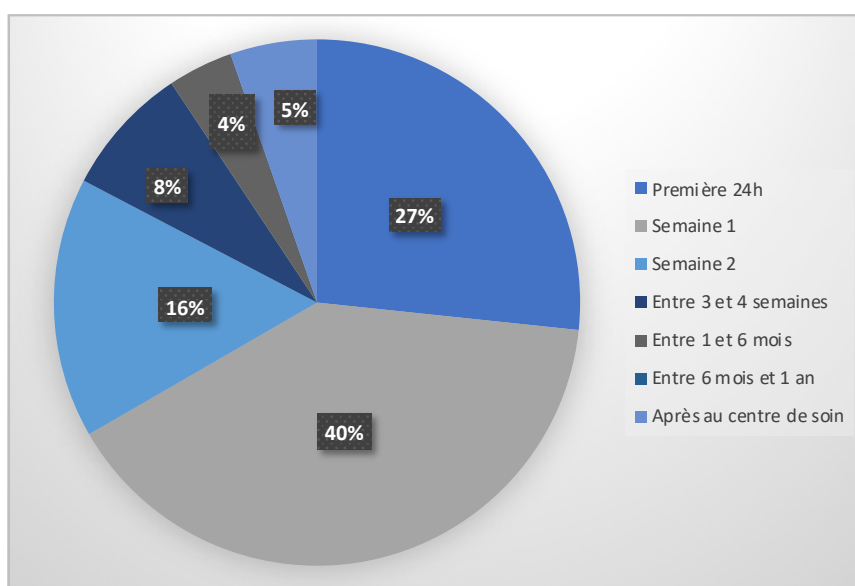


Figure 38: Graphique représentant les périodes de mortalité des fonds de nids au centre de soins de Kélonia (© Laura Hébrard)

Ces résultats sont très satisfaisants et permettent de nous rendre compte qu'une quantité non négligeable de tortues sont sauvées grâce à leur prise en charge au centre de soins. En effet, il est important de rappeler que les tortues vertes sont en danger critique d'extinction (IUCN, 2013), que seulement deux tortues vertes viennent actuellement pondre sur les plages de la Réunion et que les jeunes tortues sont récupérées au fond des nids lors d'excavation. Leurs chances de survie sans l'intervention humaine sont moindres. Grâce aux soins prodigués à Kélonia, 342 tortues ont pu être relâchées. Certaines d'entre elles ont été photo identifiées et enregistrées dans la base de données TORSOOI. Grâce à la participation des baigneurs, des clubs de plongées et des scientifiques à La Réunion, certaines des tortues relâchées ont pu être photographiées dans les lagons ou dans des spots de plongée et être reconnues grâce à TORSOOI. Ces photographies vont permettre de s'assurer que la tortue vit dans son milieu naturel malgré sa croissance en captivité. Un exemple de fiche d'identité d'une tortue verte élevée en captivité nommée I13 est disponible en annexe 14. Cette tortue a été revue et photographiée plusieurs fois dans le lagon près de la plage où elle a été relâchée. Il est important de noter que de nombreuses tortues relâchées par Kélonia sont observées régulièrement dans le lagon près des herbiers marins.

II.2.3.2. Les résultats décevants

Malgré ces résultats encourageants, la remise en liberté de deux tortues élevées en captivité a été un échec. Une première tortue a été retrouvée dans le port de pêche Saint Gilles les bains, elle semblait chercher la présence humaine pour être nourrie. Le centre de soins a été appelé et a secouru la tortue qui était amaigrie et déshydratée. Elle a été soignée puis relâchée de nouveau.

Lors de mon stage, une tortue née en 2016 a été relâchée sur une plage à L'Ermitage les bains et s'est échouée le lendemain à la pointe des châteaux sur des galets. Des passants ont signalé sa présence au centre de soins et nous sommes allés la récupérer. La tortue était en parfaite santé. Suite à cet incident, nous avons pris conscience que cette tortue était restée un mois seulement dans le « grand bassin », le bassin qui mime les conditions de vie naturelle. Depuis ce jour, les tortues doivent rester au minimum quatre mois dans ce bassin avant de retrouver la liberté.

Pour finir, une jeune tortue verte baptisée "Mina" ayant grandi sur le site de Kélonia après avoir été sauvé lors d'excavation d'un nid puis relâchée à La Réunion par le centre de soins de Kélonia le 12 décembre 2016, a été retrouvée échouée sur une plage d'Afrique du Sud le 29 janvier 2018. La jeune tortue avait une pièce de plastique (bâtonnet de sucette) coincée dans la bouche, ce qui est certainement à l'origine de sa mort (Figure 39). Elle aura parcouru plus de 3 000 km en un peu plus d'un an. Confirmant ainsi la capacité de ces tortues à traverser les océans à la recherche des habitats les plus favorables à leur développement. La jeune tortue a été identifiée grâce à sa bague qui a permis à l'équipe Sud-Africaine de contacter Kélonia. En revanche, l'équipe Sud-Africaine n'a malheureusement pas réalisé d'examen nécrosique.



Figure 39: Photographie de l'élément plastique retrouvé dans la bouche de Mina une jeune tortue verte échouée sur les côtes Sud-Africaine (© Kélonia)

DISCUSSION GENERALE

Le présent travail de thèse et le stage réalisé cette année au centre de soins de Kélonia ont pu mettre en évidence que la prise en charge des nouveau-nés de tortues marines retrouvés blessés ou déformés lors de l'excavation des nids sur l'île de La Réunion a permis la remise en liberté de 342 tortues depuis l'année 2010. Cette constatation est très encourageante et participe activement à la préservation de l'espèce sachant qu'uniquement deux tortues vertes viennent actuellement pondre sur l'île de La Réunion.

La prise en charge de ces nouveau-nés au centre de soins de Kélonia a évolué au fil des années en s'appuyant sur des données empiriques et des publications scientifiques. Jusqu'à présent, aucune étude rétrospective sur le protocole de soins des nouveau-nés mis en place à Kélonia n'avait été réalisée. Ce travail de thèse permet donc de faire un état des lieux sur cette prise en charge et d'apporter des axes d'améliorations. Tout d'abord, nous avons pu nous rendre compte qu'elle demande de la main d'œuvre lors des excavations puis qu'elle représente une charge de travail importante pour les opérateurs (soins, nourrissage, nettoyage des bassins...). De plus, lors des excavations, des données sur les tortues doivent être relevées et annotées sur la fiche d'arrivée afin de récolter des informations précises sur chaque émergente et permettre la réalisation d'une prise en charge individuelle. Actuellement, la cause d'arrivée n'est pas toujours précisée, ce qui est une limite de cette étude.

Il ne faut pas perdre de vue que ces animaux sont des animaux sauvages, fragiles et parfois blessés. Les conditions de captivité doivent respecter de nombreux paramètres environnementaux essentiels à leur croissance. En effet, la qualité de l'eau doit être surveillée de près et plus particulièrement la température. Des écarts de température trop élevés au cours de la journée peuvent avoir un impact négatif sur la santé de ces animaux. Par ailleurs, l'enrichissement de l'environnement n'est pas réalisé à l'heure actuelle alors qu'il est essentiel pour mimer au maximum leur habitat naturel et assurer par la suite une meilleure acclimatation lors du retour à la vie sauvage. L'alimentation doit être distribuée sans que les nouveau-nés ne puissent voir l'opérateur. La composition de la ration et les quantités distribuées doivent être connues précisément afin d'analyser les apports de cette alimentation et de les comparer aux recommandations de la littérature. La ration actuelle

semble convenir aux jeunes tortues puisqu'elle assure une croissance satisfaisante au fil des années.

Il est également essentiel que toutes les informations concernant ces nouveau-nés soient notées régulièrement et informatisées pour assurer un suivi précis de chaque individu. Ceci est également vrai pour les pathologies de ces nouveau-nés. Les signes cliniques et les lésions observés doivent faire l'objet d'une description précise et de la réalisation quotidienne de photographies afin d'objectiver une amélioration ou une dégradation de l'état de santé de la tortue. Des prélèvements pour la recherche de germes et des antibiogrammes sont systématiquement mis en place au centre de soins ce qui est un point très positif afin de mettre rapidement en place un traitement efficace et notamment d'adapter l'antibiothérapie. Sur ces individus fragiles, des germes opportunistes sont fréquemment rencontrés. En revanche, lors de décès des émergentes dans les 48 heures après leur arrivée au centre, les nécropsies ne sont pas systématiquement réalisées ou les informations récoltées peu précises ce qui est un aspect négatif pour cette étude. A l'avenir, il est recommandé de réaliser des autopsies systématiquement sur les nouveau-nés pour permettre de connaître les germes ou les malformations les plus fréquemment rencontrés.

Le suivi des nouveau-nés relâchés la première semaine après leur prise en charge est actuellement impossible. En effet, le suivi par des balises GPS n'est pas réalisable sur des individus de cette taille. Par ailleurs, les suivis des jeunes tortues n'ont pas été suffisamment longs pour déterminer les lieux de vie de ces tortues après leur remise en liberté. Il serait intéressant de renouveler cette expérience pour améliorer les données scientifiques sur la phase des « années perdues » et suivre le développement de ces individus. En revanche, la photo-identification est un outil remarquable lorsque les tortues sont observées dans les lagons autour de La Réunion. Pour cela, les photos des profils de chaque émergente doit être réalisé systématiquement afin de mettre à jour la base de données TORSOOI.

CONCLUSION

Il est primordial de garder à l'esprit que les tortues vertes sont des animaux en danger critique d'extinction et sont inscrites sur la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN, 2013). La tortue marine étant un animal à la fois terrestre et marin, elle rencontre de nombreuses menaces directes (braconnage, filets fantômes...) ou indirectes. Les impacts anthropologiques, la prédation et les maladies ont participé activement à la diminution des populations de tortues marines. Face à ce constat alarmant, Kélonia, l'observatoire des tortues marines a mis en œuvre de nombreux plans de protection et notamment l'excavation puis la prise en charge des nouveau-nés sur les plages de La Réunion. Ce travail de thèse permet de démontrer que cette action assure la survie d'un nombre non négligeable d'individus et participe activement à la sauvegarde de cette espèce. En effet, depuis 2009, 81 % des individus pris en charge ont pu être relâchés à des âges différents. Ceci est rendu possible grâce à la qualité des soins apportés aux nouveau-nés et la surveillance des paramètres environnementaux.

Par ailleurs, les examens complémentaires réalisés lors de l'apparition d'affections ou lors de nécropsies nous permettent de connaître les principaux germes rencontrés chez les tortues marines en captivité, de les comparer avec la littérature et ainsi d'adapter le plan thérapeutique. En revanche, il serait intéressant de réaliser des analyses bactériologiques et mycologiques sur les œufs afin d'objectiver si les germes retrouvés sur les œufs sont les mêmes que ceux retrouvés sur les nouveaux nés.

Pour finir, ces individus recueillis participent activement à la sensibilisation du grand public à l'importance de la préservation des tortues marines, ainsi qu'à une prise de conscience de l'impact que l'Homme sur leur environnement.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussignée, Alexandra DEVIERS, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Laura HEBRARD** intitulée « **Prise en charge des nouveau-nés de tortues marines retrouvés blessés ou déformés lors de l'excavation des nids à la Réunion** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 17/09/2019
Docteur Alexandra DEVIERS
Maître de Conférences
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



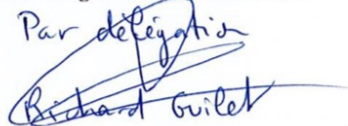
Vu :
Le Directeur par intérim de l'Ecole
Nationale Vétérinaire de Toulouse
Frédéric BOUSQUET



Vu :
Le Président du jury :
Professeur Gérard CAMPISTRON



Vu et autorisation de l'impression :
Présidente de l'Université Paul Sabatier
Madame Régine ANDRE-OBRECHT

Par délégation


Mme Laura HEBRARD
a été admis(e) sur concours en : 2014
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 18/07/2018
a validé son année d'approfondissement le : 20/06/2019
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.



Université
de Toulouse

REFERENCES

- ABELLA, E., MARCO, A. et LÓPEZ-JURADO, L. F., 2007. Success of Delayed Translocation of Loggerhead Turtle Nests. In : *The Journal of Wildlife Management*. 2007. Vol. 71, n° 7, p. 2290-2296.
- ACKERMAN, Ralph A., 1980. Physiological and Ecological Aspects of Gas Exchange by Sea Turtle Eggs. In : *American Zoologist*. 1980. Vol. 20, n° 3, p. 575-583.
- AL-BAHRY, Saif, MAHMOUD, Ibrahim, ELSHAFIE, Abdulkader, AL-HARTHY, Asila, AL-GHAFRI, Sabha, AL-AMRI, Issa et ALKINDI, Abdulaziz, 2009. Bacterial flora and antibiotic resistance from eggs of green turtles *Chelonia mydas*: An indication of polluted effluents. In : *Marine Pollution Bulletin*. 2009. Vol. 58, n° 5, p. 720-725.
- ARIEL, Ellen, 2011. Viruses in reptiles. In : *Veterinary Research*. 2011. Vol. 42, n° 1, p. 100.
- BALLORAIN, Katia, 2010. Écologie trophique de la tortue verte *Chelonia mydas* dans les herbiers marins et algueraies du sud-ouest de l'océan Indien. 2010. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00576264>.
- BJORNDAL, Karen A, 1997. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In : *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton. Florida : P.L. Lutz and J.A. Musick. p. 199-231. ISBN 978-1-351-41128-8.
- BJORNDAL, Karen A. et BOLTEN, Alan B., 1992. Spatial Distribution of Green Turtle (*Chelonia mydas*) Nests at Tortuguero, Costa Rica. In : *Copeia*. 1992. Vol. 1992, n° 1, p. 45-53.
- BJORNDAL, Karen A., SCHROEDER, Barbara A., FOLEY, Allen M., WITHERINGTON, Blair E., BRESETTE, Michael, CLARK, David, et al., 2013. Temporal, spatial, and body size effects on growth rates of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Northwest Atlantic. In : *Marine Biology*. 2013. Vol. 160, n° 10, p. 2711-2721.
- BLUVIAS, J.E. et ECKERT, K.L., 2010. *Sea Turtle Husbandry Manual*. Technical Report No. 10. Wider Caribbean Sea Turtle Conservation Network (WIDECAST). <https://www.scribd.com/document/100287016/Bluvias-and-Eckert-Sea-Turtle-Husbandry-Manual-2010>.
- BOLTEN, Alan, 2002. Variation in Sea Turtle Life History Patterns: Neritic vs. Oceanic Developmental Stages. In : *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton. Florida : P.L. Lutz and J.A. Musick. p. 243-257. ISBN 978-0-8493-1123-9.
- BOOTH, David T., 2017. Influence of incubation temperature on sea turtle hatchling quality. In : *Integrative Zoology*. 2017. Vol. 12, n° 5, p. 352-360.
- BOOTH, David T. et ASTILL, Katherine, 2001a. Incubation temperature, energy expenditure and hatchling size in the green turtle (*Chelonia mydas*), a species with temperature-sensitive sex determination. In : *Australian Journal of Zoology*. 2001. Vol. 49, n° 4, p. 389-396.

BOOTH, David T. et ASTILL, Katherine, 2001b. Temperature variation within and between nests of the green sea turtle, *Chelonia mydas* (*Chelonia: Cheloniidae*) on Heron Island, Great Barrier Reef. In : *Australian Journal of Zoology*. 2001. Vol. 49, n° 1, p. 71-84.

BOSC, Pierre et LE GALL, JY, 1986. Attachement spatial des tortues vertes *Chelonia mydas* aux plages de l'île de Tromelin (Océan Indien). 1986. Vol. 9, n° 4, p. 7.

BOURJEA, Jérôme, 2014. *Structure et connectivité de la mégafaune marine à l'échelle d'une région océanique : enjeux pour la gestion durable des tortues vertes dans l'océan Indien occidental* [en ligne]. thesis. <http://www.theses.fr/2014LARE0015>.

BOURJEA, Jérôme, MORTIMER, Jeanne A., GARNIER, Julie, OKEMWA, Gladys, GODLEY, Brendan J., HUGHES, George, et al., 2015. Population structure enhances perspectives on regional management of the western Indian Ocean green turtle. In : *Conservation Genetics*. 2015. Vol. 16, n° 5, p. 1069-1083.

BOURJEA, Jerome, SAUVIGNET, Hendrick et CICCIONE, Stephane, 2017. *Les tortues marines - 70 clés pour comprendre* [en ligne]. Librairie Quae : des livres au coeur des sciences. ISBN 02599.

BRODERICK, Annette C, COYNE, Michael S, FULLER, Wayne J, GLEN, Fiona et GODLEY, Brendan J, 2007. Fidelity and over-wintering of sea turtles. In : *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2007. Vol. 274, n° 1617, p. 1533-1539.

BRODERICK, Annette C. et GODLEY, Brendan J., 1996. Population and nesting ecology of the Green Turtle, *Chelonia mydas*, and the Loggerhead Turtle, *Caretta caretta*, in northern Cyprus. In : *Zoology in the Middle East*. 1996. Vol. 13, n° 1, p. 27-46.

BUGONI, Leandro, KRAUSE, Lígia et VIRGÍNIA PETRY, Maria, 2001. Marine Debris and Human Impacts on Sea Turtles in Southern Brazil. In : *Marine Pollution Bulletin*. 2001. Vol. 42, n° 12, p. 1330-1334.

BUSTARD, H. Robert et GREENHAM, Peter, 1968. Physical and Chemical Factors Affecting Hatching in the Green Sea Turtle, *Chelonia Mydas* (L.). In : *Ecology*. 1968. Vol. 49, n° 2, p. 269-276.

CARPENTIER, Alice S., JEAN, Claire, BARRET, Mathieu, CHASSAGNEUX, Agathe et CICCIONE, Stéphane, 2016. Stability of facial scale patterns on green sea turtles *Chelonia mydas* over time: A validation for the use of a photo-identification method. In : *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2016. Vol. 476, p.15-21.

CARR, Archie, 1987. New Perspectives on the Pelagic Stage of Sea Turtle Development. In : *Conservation Biology*. 1987. Vol.1, n°2, p. 103-121

CHASSAGNEUX, Agathe, JEAN, Claire, BOURJEA, Jérôme et CICCIONE, Stéphane, 2013. Unraveling Behavioral Patterns of Foraging Hawksbill and Green Turtles Using Photo-Identification. 2013. In: *Marine Turtle Newsletter*, Vol. 137, p. 1-5 .

CHEVALIER, Johan, GODFREY, Matthew H. et GIRONDOT, Marc, 1999. Significant difference of temperature-dependent sex determination between French Guiana (Atlantic) and Playa Grande (Costa-Rica, Pacific) leatherbacks (*Dermochelys coriacea*). In : *Annales des Sciences Naturelles - Zoologie et Biologie Animale*. 1999. Vol. 20, n° 4, p. 147-152.

CHRISTENS, Elaine, 1990. Nest Emergence Lag in Loggerhead Sea Turtles. In : *Journal of Herpetology*. 1990. Vol. 24, n° 4, p. 400-402.

CHUEN-IM, Thanaporn, AREEKIJSEREE, Mayuva, CHONGTHAMMAKUN, Sukumal et GRAHAM, Sheila V., 2010. Aerobic Bacterial Infections in Captive Juvenile Green Turtles (*Chelonia mydas*) and Hawksbill Turtles (*Eretmochelys imbricata*) from Thailand. In : *Chelonian Conservation and Biology*. 2010. Vol. 9, n° 1, p. 135-142.

CICCIONE, Stéphane et BOURJEA, Jerome, 2006. Nesting of Green Turtles in Saint Leu, Réunion Island. In : *Marine Turtle Newsletter*. 2006. n° 112, p. 1-3.

CICCIONE, Stéphane, BOURJEA, Jérôme, JEAN, Claire et DALLEAU, Mayeul, 2011. Bilan et perspectives des programmes de recherche et de conservation des tortues marines et de leurs habitats à La Réunion. 2011. In: *Soc. Herp. Fr.*, Vol. 139-140, p. 85-93.

CITES. In : *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://cites.org/eng>.

CONDE, Birelys, ALVARADO, Mary Cruz, ESPINOZA-RODRÍGUEZ, Nínive, BARRIOS-GARRIDO, Héctor, CONDE, Birelys, ALVARADO, Mary Cruz, et al., 2019. First report of coccidiosis in green turtles (*Chelonia mydas*) from the Gulf of Venezuela. In : *Caldasia*. 2019. Vol. 41, n° 2, p. 278-288.

CRUCIANI, Benoit, 2017. *Etude d'une épizootie de polyarthrites affectant les tortues marines de la Réunion: recherche des causes et mise en place de mesures de lutte*. Thèse d'exercice. France : École nationale vétérinaire d'Alfort.

DOMICIANO, Isabela Guarnier, DOMIT, Camila et BRACARENSE, Ana Paula Frederico Rodrigues Loureiro, 2017. The green turtle *Chelonia mydas* as a marine and coastal environmental sentinels: anthropogenic activities and diseases. In : *Semina: Ciências Agrárias*. 2017. Vol. 38, n° 5, p. 3417.

DUVAT, Virginie, 2008. La qualité des plages au cœur des enjeux de développement : La situation des îles de l'océan Indien. (Réunion, Maurice, Seychelles). In : *EchoGéo*. 10 octobre 2008. n° 7, p. 45.

EGUCHI, Tomoharu, SEMINOFF, Jeffrey A., LEROUX, Robin A., PROSPERI, Dan, DUTTON, Donna L. et DUTTON, Peter H., 2012. Morphology and Growth Rates of the Green Sea Turtle (*Chelonia mydas*) in a Northern-most Temperate Foraging Ground. In : *Herpetologica*. 2012. Vol. 68, n° 1, p. 76-87.

EHRENFELD, David W. et CARR, Archie, 1967. The role of vision in the sea-finding orientation of the green turtle (*Chelonia mydas*). In : *Animal Behaviour*. 1967. Vol. 15, n° 1, p. 25-36.

ERIKSEN, Marcus, LEBRETON, Laurent C. M., CARSON, Henry S., THIEL, Martin, MOORE, Charles J., BORERRO, Jose C., GALGANI, Francois, RYAN, Peter G. et REISSER, Julia, 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. In : *PLOS ONE*. 2014. Vol. 9, n° 12, p. e111913.

EWERT, Michael A., JACKSON, Dale R. et NELSON, Craig E., 1994. Patterns of temperature-dependent sex determination in turtles. In : *Journal of Experimental Zoology*. 1994. Vol. 270, n° 1, p. 3-15.

GILMAN, Eric, KOBAYASHI, Donald, SWENARTON, Tom, BROTHERS, Nigel, DALZELL, Paul et KINAN-KELLY, Irene, 2007. Reducing sea turtle interactions in the Hawaii-based longline swordfish fishery. In : *Biological Conservation*. 2007. Vol. 139, n° 1, p. 19-28.

GLAZEBROOK, Js et CAMPBELL, Rsf, 1990. A survey of the diseases of marine turtles in northern Australia. I. Farmed turtles. In : *Diseases of Aquatic Organisms*. 1990. Vol. 9, p. 83-95.

GODFREY, Matthew Howland et MROSOVSKY, Nm, 1997. Estimating the time between hatching of sea turtles and their emergence from the nest. In : . S.I. : s.n. 1997.

GODLEY, B. J., BRODERICK, A. C., GLEN, F. et HAYS, G. C., 2002. Temperature-dependent sex determination of Ascension Island green turtles. In : *Marine Ecology Progress Series*. 2002. Vol. 226, p. 115-124.

GOSHE, Lisa R., AVENS, Larisa, SCHARF, Frederick S. et SOUTHWOOD, Amanda L., 2010. Estimation of age at maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. In : *Marine Biology*. 2010. Vol. 157, n° 8, p. 1725-1740.

HAINES, H. et KLEESE, W. C., 1977. Effect of water temperature on a herpesvirus infection of sea turtles. In : *Infection and Immunity*. 1977. Vol. 15, n° 3, p. 756-759.

HAINES, Harold, 1978. A Herpesvirus Disease of Green Sea Turtles in Aquaculture. In : *Marine Fisheries Review*. 1978. p. 5.

HAWKES, L. A., BRODERICK, A. C., GODFREY, M. H. et GODLEY, B. J., 2007. Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. In : *Global Change Biology*. 2007. Vol.13,p. 1–10.

HAWKES, L. A., BRODERICK, A.C., GODFREY, M. H. et GODLEY, B. J., 2009. Climate change and marine turtles. In : *Endangered Species Research*. 2009. Vol. 7, n° 2, p. 137-154.

HAYS, GRAEME C, 2000. The Implications of Variable Remigration Intervals for the Assessment of Population Size in Marine Turtles. In : *Journal of Theoretical Biology*. 2000. Vol. 206, n° 2, p. 221-227.

HERBST L H et KLEIN P A, 1995. Green turtle fibropapillomatosis: challenges to assessing the role of environmental cofactors. In : *Environmental Health Perspectives*. 1995. Vol. 103, n° suppl 4, p. 27-30.

HIRAYAMA, Ren, 1994. Phylogenetic systematics of chelonoid sea turtles. In : *Island Arc*. 1994. Vol.3, n°4, p. 270-284.

HIRTH, Harold F., 1980. Some Aspects of the Nesting Behavior and Reproductive Biology of Sea Turtles. In : *Integrative and Comparative Biology*. 1980. Vol. 20, n° 3, p. 507-523.

HOOPES, Lisa A., KOUTSOS, Elisabeth A. et NORTON, Terry M, 2017. Nutrition. In : *Sea Turtle Health and Rehabilitation*. 2017. J.ROSS Publishing. p. 63-96. ISBN 978-1-60427-099-0.

INNIS, Charles J., BRAVERMAN, Hillary, CAVIN, Julie M., CERESIA, Michelle L., BADEN, Lindsey R., KUHN, Duncan M., et al., 2014. Diagnosis and management of Enterococcus spp infections during rehabilitation of cold-stunned Kemp's ridley turtles (*Lepidochelys kempii*): 50 cases (2006–2012). In : *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2014. Vol. 245, n° 3, p. 315-323.

INNIS, Charles J. et FRASCA, Salvatore, 2017. Bacterial and fungal disease. In : *Sea Turtle Health and Rehabilitation*. 2017. J.ROSS Publishing. p. 779-790. ISBN 978-1-60427-099-0.

IUCN, 2013. The IUCN Red List of Threatened Species. In : *IUCN Red List of Threatened Species* [en ligne]. 2013. <https://www.iucnredlist.org/en>.

IVAR DO SUL, Juliana Assunção, SANTOS, Isaac R., FRIEDRICH, Ana Cláudia, MATTHIENSEN, Alexandre et FILLMANN, Gilberto, 2011. Plastic Pollution at a Sea Turtle Conservation Area in NE Brazil: Contrasting Developed and Undeveloped Beaches. In : *Estuaries and Coasts*. 2011. Vol. 34, n° 4, p. 814-823.

JACOBSON, E. R., MANSELL, J. L., SUNDBERG, J. P., HAJJAR, L., REICHMANN, M. E., EHRHART, L. M., WALSH, M. et MURRU, F., 1989. Cutaneous fibropapillomas of green turtles (*Chelonia mydas*). In : *Journal of Comparative Pathology*. 1989. Vol. 101, n° 1, p. 39-52.

JENSEN, Michael P., ALLEN, Camryn D., EGUCHI, Tomoharu, BELL, Ian P., LACASELLA, Erin L., HILTON, William A., HOF, Christine A.M. et DUTTON, Peter H., 2018. Environmental Warming and Feminization of One of the Largest Sea Turtle Populations in the World. In : *Current Biology*. 2018. Vol. 28, n° 1, p. 154-159.e4.

KAMROWSKI, Ruth L., LIMPUS, Col, MOLONEY, James et HAMANN, Mark, 2012. Coastal light pollution and marine turtles: assessing the magnitude of the problem. In : *Endangered Species Research*. 2012. Vol. 19, n° 1, p. 85-98.

LAURET-STEPLER, Marie, BOURJEA, Jerome, ROOS, David, PELLETIER, Dominique, RYAN, P. G., CICCIONE, Stephane et GRIZEL, Henri, 2007. Reproductive seasonality and trend of *Chelonia mydas* in the SW Indian Ocean: a 20 yr study based on track counts. In : *Endangered Species Research*. 2007. Vol. 3, p. 217-227.

- LAWRANCE, Matthew F., MANSFIELD, Katherine L., SUTTON, Emma et SAVAGE, Anna E., 2018. Molecular evolution of fibropapilloma-associated herpesviruses infecting juvenile green and loggerhead sea turtles. In : *Virology*. 2018. Vol. 521, p. 190-197.
- LEBRUN, G., 1975. Elevage à la Réunion de juvéniles de la tortue verte *Chelonia mydas* (linnaeus) 1758. In : *Science et Pêche*. 1975. Vol. 248, p. 1-25.
- LEE, Patricia L. M., LUSCHI, Paolo et HAYS, Graeme C., 2007. Detecting female precise natal philopatry in green turtles using assignment methods. In : *Molecular Ecology*. 2007. Vol. 16, n° 1, p. 61-74.
- LEWISON, Rebecca L., FREEMAN, Sloan A. et CROWDER, Larry B., 2004. Quantifying the effects of fisheries on threatened species: the impact of pelagic longlines on loggerhead and leatherback sea turtles. In : *Ecology Letters*. 2004. Vol. 7, n° 3, p. 221-231.
- LUTZ, P. L., MUSICK, J. A. et WYNEKEN, J., 2003. The biology of sea turtles, volume 2. *CRC Marine Biology Series*. 2003.
- MAHABOT, Marie-Myriam, 2016. Suivi morphodynamique des plages récifales de la reunion en contexte d'observatoire [en ligne]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01521588>.
- MANIRE, Charles A., NORTON, Terry M, STACY, Brian, INNIS, Charles J. et HARMS, Craig A., 2017. *Sea Turtle Health and Rehabilitation*. J.ROSS Publishing. ISBN 978-1-60427-099-0.
- MANSFIELD, Katherine L., MENDILAHARSU, Milagros L., PUTMAN, Nathan F., DEI MARCOVALDI, Maria A. G., SACCO, Alexander E., LOPEZ, Gustave, et al., 2017. First satellite tracks of South Atlantic sea turtle 'lost years': seasonal variation in trans-equatorial movement. In : *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2017. Vol. 284, n° 1868.
- MANSFIELD, Katherine L., WYNEKEN, Jeanette, RITTSCHOF, Daniel, WALSH, Molly, LIM, Chai W. et RICHARDS, Paul M., 2012. Satellite tag attachment methods for tracking neonate sea turtles. In : *Marine Ecology Progress Series*. 2012. Vol. 457, p. 181-192.
- MCCLLENACHAN, Loren, JACKSON, Jeremy BC et NEWMAN, Marah JH, 2006. Conservation implications of historic sea turtle nesting beach loss. In : *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2006. Vol. 4, n° 6, p. 290-296.
- MILLER, J.D., 1997. Reproduction in Sea Turtles. In : *The biology of sea turtle*. S.l. : Lutz PL & Musick JA. p. 51 – 81. ISBN 978-0-8493-8422-6.
- MOORE, Charles James, 2008. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. In : *Environmental Research*. 2008. Vol. 108, n° 2, p. 131-139.
- MORA, Camilo, TITTENSOR, Derek P., ADL, Sina, SIMPSON, Alastair G. B. et WORM, Boris, 2011. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? In : *PLOS Biology*. 2011. Vol. 9, n° 8, p. e1001127.

MROSOVSKY, N. et YNTEMA, C. L., 1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. In : *Biological Conservation*. 1980. Vol. 18, n° 4, p. 271-280.

MUSICK, J. A. et LIMPUS, Colin J., 1997. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In : *The Biology of Sea Turtles*. S.I. : In: The Biology of Sea Turtles. CRC Press, Boca Raton. p. 137-163. ISBN 978-0-8493-8422-6.

NICOLAU, Lúdia, MARÇALO, Ana, FERREIRA, Marisa, SÁ, Sara, VINGADA, José et EIRA, Catarina, 2016. Ingestion of marine litter by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in Portuguese continental waters. In : *Marine Pollution Bulletin*. 2016. Vol. 103, n° 1, p. 179-185.

PAGE-KARJIAN, Annie et HERBST, Larry H., 2017. Viruses. In : *Sea Turtle Health and Rehabilitation*. 2017. J.ROSS Publishing. p. 45-61. ISBN 978-1-60427-099-0.

PARKER, Denise M., DUTTON, Peter H. et BALAZS, George H., 2011. Oceanic Diet and Distribution of Haplotypes for the Green Turtle, *Chelonia mydas*, in the Central North Pacific. In : *Pacific Science*. 2011. Vol. 65, n° 4, p. 419-431.

PATRÍCIO, Ana R., VARELA, Miguel R., BARBOSA, Castro, BRODERICK, Annette C., CATRY, Paulo, HAWKES, Lucy A., REGALLA, Aissa et GODLEY, Brendan J., 2019. Climate change resilience of a globally important sea turtle nesting population. In : *Global Change Biology*. 2019. Vol. 25, n° 2, p. 522-535.

PELTON, Craig A. et MANIRE, Charles A., 2017. Hatchling and washback management. In : *Sea Turtle Health and Rehabilitation*. 2017. J.ROSS Publishing. p. 899-914. ISBN 978-1-60427-099-0.

PHAM, Christopher K., RODRÍGUEZ, Yasmina, DAUPHIN, Axelle, CARRIÇO, Rita, FRIAS, João P. G. L., VANDEPERRE, Frederic, et al., 2017. Plastic ingestion in oceanic-stage loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) off the North Atlantic subtropical gyre. In : *Marine Pollution Bulletin*. 2017. Vol. 121, n° 1, p. 222-229.

PIOVANO, Susanna, CLUSA, Marcel, CARRERAS, Carlos, GIACOMA, Cristina, PASCUAL, Marta et CARDONA, Luis, 2011. Different growth rates between loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) of Mediterranean and Atlantic origin in the Mediterranean Sea. In : *Marine Biology*. 2011. Vol. 158, n° 11, p. 2577-2587.

PNA, 2015. Plan National d'Action des tortues marines sur les territoires français du sud-ouest de l'océan Indien. In : *Délégation Ifremer océan Indien* [en ligne]. <https://wwz.ifremer.fr/lareunion/Projets/Tortues-Marines/PNA>.

RAIDAL, Sr, OHARA, M., HOBBS, Rp et PRINCE, Rit, 1998. Gram-negative bacterial infections and cardiovascular parasitism in green sea turtles (*Chelonia mydas*). In : *Australian Veterinary Journal*. 1998. Vol. 76, n° 6, p. 415-417.

REBELL, G., RYWLIN, A. et HAINES, H., 1975. A herpesvirus-type agent associated with skin lesions of green sea turtles in aquaculture. In : *American journal of veterinary research*. août 1975. Vol. 36, n° 08, p. 1221-1224.

REICH, Kimberly J, BJORN DAL, Karen A et BOLTEN, Alan B, 2007. The 'lost years' of green turtles: using stable isotopes to study cryptic lifestages. In : *Biology Letters*. 2007. Vol. 3, n° 6, p. 712-714.

SANTORO, Mario, HERNÁNDEZ, Giovanna, CABALLERO, Magaly et GARCÍA, Fernando, 2006. Aerobic bacterial flora of nesting green turtles (*Chelonia mydas*) from Tortuguero National Park, Costa Rica. In : *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2006. Vol. 37, n° 4, p. 549-552.

SOLOW, Andrew R., BJORN DAL, Karen A. et BOLTEN, Alan B., 2002. Annual variation in nesting numbers of marine turtles: the effect of sea surface temperature on re-migration intervals. In : *Ecology Letters*. 2002. Vol. 5, n° 6, p. 742-746.

SOSLAU, Gerald, SPOTILA, James R., CHUN, Adam, YI, Seung et WEBER, Kathryn T., 2011. Potentially lethal bacteria in leatherback turtle eggs in the wild threaten both turtles and conservationists. In : *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2011. Vol. 410, p. 101-106.

SOUTHWOOD, Amanda, FRITSCHES, Kerstin, BRILL, Richard et SWIMMER, Yonat, 2008. Sound, chemical, and light detection in sea turtles and pelagic fishes: sensory-based approaches to bycatch reduction in longline fisheries. In : *Endangered Species Research*. 2008. Vol. 5, n° 2-3, p. 225-238.

STAMPER, Andrew, HARMS, Craig A. et LEWBART, Gregory A., 2017. Environment / Water quality/ biosecurity. In : *Sea Turtle Health and Rehabilitation*. 2017. J.ROSS Publishing. p. 45-61. ISBN 978-1-60427-099-0.

SWINGLE, W. Mark, WARMOLTS, Douglas I., KEINATH, J. A. et MUSICK, J. A., 1993. Exceptional growth rates of captive loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*. In : *Zoo Biology*. 1993. Vol. 12, n° 5, p. 491-497.

TAQUET, Coralie, TAQUET, Marc, DEMPSTER, Tim, SORIA, Marc, CICCIONE, Stéphane, ROOS, David et DAGORN, Laurent, 2006. Foraging of the green sea turtle *Chelonia mydas* on seagrass beds at Mayotte Island (Indian Ocean), determined by acoustic transmitters. In : *Marine Ecology Progress Series*. 2006. Vol. 306, p. 295-302.

TERRIEN, Corie L., GASTER, Lauren, CUNNINGHAM-SMITH, Petra et MANIRE, Charles A., 2007. Experimental evaluation of environmental enrichment of sea turtles. In : *Zoo Biology*. 2007. Vol. 26, n° 5, p. 407-416.

TRISTAN, Timothy E. et NORTON, Terry M, 2017. Physical examination. In : *Sea Turtle Health and Rehabilitation*. 2017. S.l. : J.ROSS Publishing. p. 99-121. ISBN 978-1-60427-099-0.

TUCEK, J, NEL, R, GIRONDOT, M et HUGHES, G, 2014. Age-size relationship at reproduction of South African female loggerhead turtles *Caretta caretta*. In : *Endangered Species Research*. 2014. Vol. 23, n° 2, p. 167-175.

USFWS, 2013. *Standart permit conditions for care and maintenance of captive sea turtle* [en ligne].<https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=USFWS+santard+Permit+conditions+for+care+and+maintenance+of+captive+sea+turtle&ie=UTF-8&oe=UTF-8>.

VEGA-MANRIQUEZ, D. X., DÁVILA-ARRELLANO, R. P., ESLAVA-CAMPOS, C. A., SALAZAR JIMÉNEZ, E., NEGRETE-PHILIPPE, A. C., RAIGOZA-FIGUERAS, R. et MUÑOZ-TENERÍA, F. A., 2018. Identification of bacteria present in ulcerative stomatitis lesions of captive sea turtles *Chelonia mydas*. In : *Veterinary Research Communications*. 2018. Vol. 42, n° 3, p. 251-254.

WARWICK, Clifford, 1991. Observations on disease-associated preferred body temperatures in reptiles. In : *Applied Animal Behaviour Science*. 1991. Vol. 28, n° 4, p. 375-380.

WARWICK, Clifford, ARENA, Phillip C et STEEDMAN, Catrina, 2013. Health implications associated with exposure to farmed and wild sea turtles. In : *JRSM Short Reports*. 2013. Vol. 4, n° 1, p. 1-7.

WEATHERS, Ww et WHITE, Fn, 1971. Physiological thermoregulation in turtles. In : *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1971. Vol. 221, n° 3, p. 704-710.

WITHERINGTON, Blair E., BJORNDAL, Karen A. et MCCABE, Cathleen M., 1990. Temporal Pattern of Nocturnal Emergence of Loggerhead Turtle Hatchlings from Natural Nests. In : *Copeia*. 1990. Vol. 1990, n° 4, p. 1165-1168.

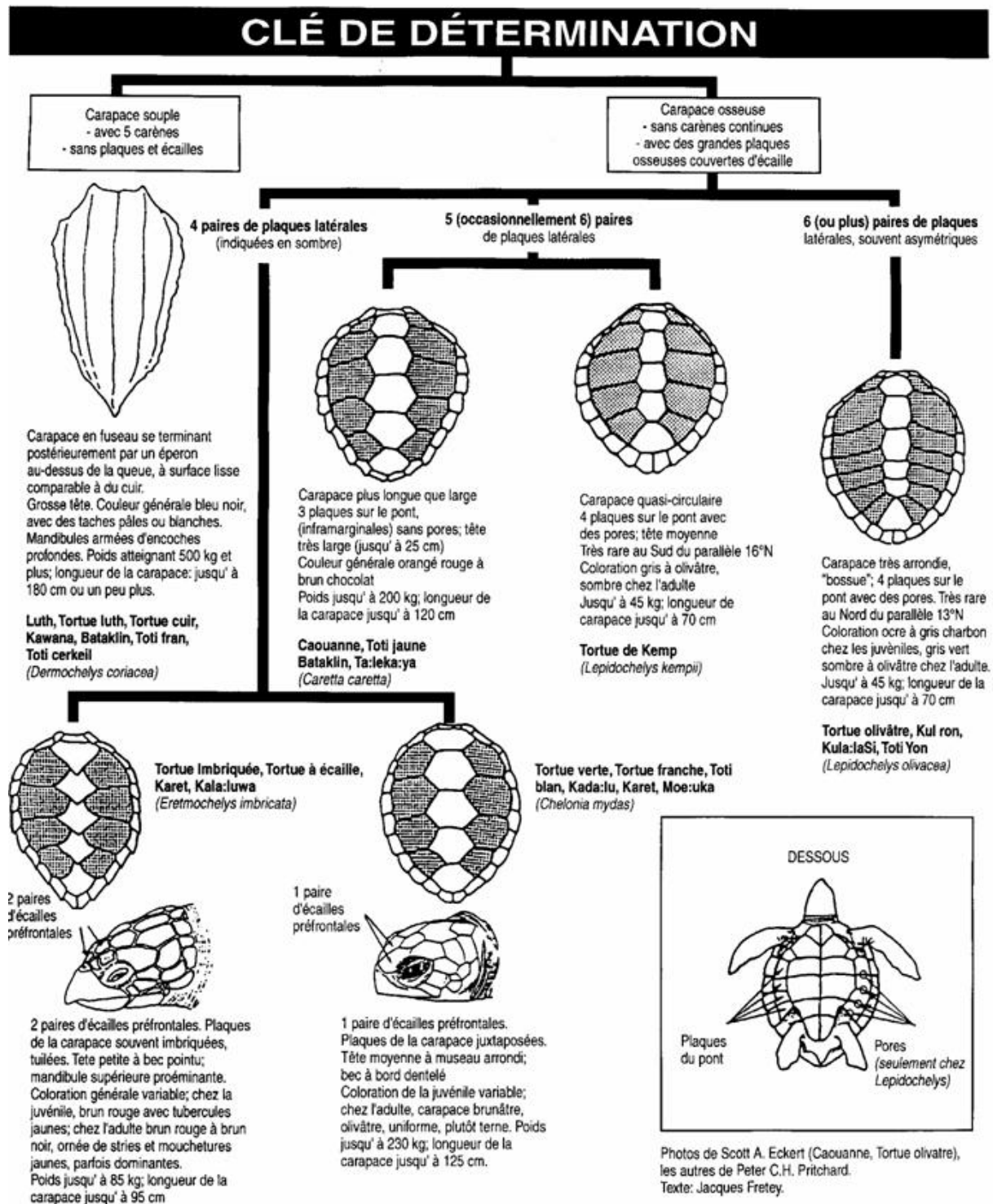
WORK, Tm, BALAZS, Gh, RAMEYER, Ra et MORRIS, Ra, 2004. Retrospective pathology survey of green turtles *Chelonia mydas* with fibropapillomatosis in the Hawaiian Islands, 1993-2003. In : *Diseases of Aquatic Organisms*. 2004. Vol. 62, p. 163-176.

WYNEKEN, Jeanette, 2001. *The anatomy of sea turtles National Marine Fisheries Service (NMFS)* [en ligne]. NOAA Technical memorandum NMFS. National Marine Fisheries Service, Miami. Disponible à l'adresse : <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/8502>.

WYNEKEN, Jeanette, LOHMANN, Kenneth J. et MUSICK, John A., 2013. *The Biology of Sea Turtles*. S.l. : CRC Press. ISBN 978-1-4398-7308-3.

ANNEXES

Annexe 1: Clefs d'identification détaillées des espèces de tortues marines. (© Eckert S. Pritchard R. et J. Fretey http://gtmf.mnhn.fr/comment-les-distinguer/).....	116
Annexe 2: Fiche méthode sur l'excavation d'un nid (© Kélonia/Ifremer 2010).....	117
Annexe 3: Répartition des arrivées au centre de soins de Kélonia par cause et par espèce de 2001 à 2018 (données du CDS)	118
Annexe 4: Protocole de mise en quarantaine (© Kélonia/Vétorun, 2018)	119
Annexe 5: Exemple de fiche de données individuelles d'un nouveau-né au CDS de Kélonia (© Kélonia 2019)	120
Annexe 6: Organisation de la base de données du CDS http://soins-kelonia.org (© Kélonia 2019)	121
Annexe 7: Système d'eau simplifié des bassins de Kélonia (© Benoît Cruciani à partir de la comparaison des plans théoriques établis par COUTANT AQUARIUMS et des observations sur le site)	122
Annexe 8: Exemple de résultats des analyses d'eau des bassins des nouveau-nés (© Vétorun)	123
Annexe 9: Recette d'alimentation pour les nouveau-nés sous forme de mixture (gruel) ou de gel (©book : Sea Turtle Health and Rehabilitation).....	127
Annexe 10: Tableau permettant le suivi alimentaire des nouveau-nés, mis en place au CDS de Kélonia en avril 2019.....	128
Annexe 11: Tableaux permettant d'évaluer le bien-être des tortues marine, adaptés aux nouveau-nés de Kélonia (©Traduit d'Arena et al, 2014)	129
Annexe 12: Feuille de données pour nécropsie utilisée au CDS de Kélonia (©Kélonia).....	130
Annexe 14: Fiche d'identité de I13 (©TORSOOI/Claire Jean)	131





K E L O N I A
l'observatoire des tortues marines

Ifremer

FICHE MÉTHODE

EXCAVATION D'UN NID DE TORTUE MARINE

L'excavation, ou le **creusement d'un nid**, se fait **72 heures après la première émergence** afin de ne pas perturber le processus naturel d'émergence des nouveaux-nés. Au préalable, les **nouveaux-nés émergés (E)** auront été comptabilisés.

Creuser verticalement depuis le cône d'émergence **jusqu'au sommet de la chambre d'incubation**. Poursuivre le creusement délicatement afin de récupérer tous les morceaux de coquilles d'œuf, les œufs entiers ou les nouveaux-nés (morts ou vivants) trouvés, et les regrouper par catégorie. Arrêter le creusement quand plus aucune coquille n'est trouvée.

Mesurer la profondeur du nid (au dernier œuf trouvé et jusqu'au niveau du sol) à l'aide d'un mètre ruban maintenu à la verticale.

Commencer par comptabiliser le **nombre de nouveaux-nés vivants dans le nid (L)** afin qu'ils puissent repartir le plus rapidement possible à l'eau. Puis compter le nombre de **nouveaux-nés morts dans le nid (D)**.

Comptabiliser ensuite le **nombre de coquilles vides (S)**. Seuls les fragments faisant plus de 50% de la taille de l'œuf doivent être comptés. Les petits fragments ne doivent pas être comptés.



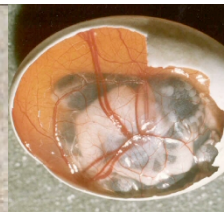
Coquilles vides



œuf non éclos



œuf non éclos sans
embryon



œuf non éclos avec
embryon visible



œuf non éclos avec
embryon à terme

Puis différencier les **œufs non éclos avec ou sans embryon**. Pour cela, à l'aide de gants, ouvrir les œufs et les vider pour en vérifier le contenu. Laisser les œufs sans embryon au-dessus du nid, et comptabiliser les **œufs avec embryon (UH)** en les remettant dans le nid. Les **embryons entièrement développés (à terme - UHT) non éclos** sont comptabilisés à part. Compter ensuite les **œufs sans embryon (UD)**.



Les **œufs prédatés (P)** sont caractérisés par la présence de **petits trous** sur la coquille et contiennent des restes de matières (vitellus). Ils ne sont **pas déchirés** comme les œufs éclos.



Les **nouveaux-nés prédatés** sont caractérisés par l'**amputation de membres**, ou par la présence de **lésions multiples** sur tout le corps. Ils donnent parfois l'impression d'avoir été aspirés et vidés de leur contenu interne.

Remettre tous les œufs et cadavres dans le nid, puis **reboucher avec du sable**.

L'étude du nid permet de dénombrer :

- les **œufs éclos** = coquilles vides OU nouveaux-nés émergés dans le délai de 72h (si connu) + nouveaux-nés vivants dans le nid + nouveau-nés morts dans le nid (dont les prédatés)
- les **œufs non éclos** = embryon visible + embryon à terme + embryon non visible
- les **œufs ayant subi la pression de prédation** = œufs prédatés

Annexe 3: Répartition des arrivées au centre de soins de Kélonia par cause et par espèce de 2001 à 2018 (données du CDS)

Année	Braconnage			Collision			Pêche accidentelle			Engins de pêche			Pollution			Naturelle			Echouage			Autre			Total
	Palangre dérivante			Traditionnelle-Gaulette			Hydrocarbures			Plastiques			Total			Total			Total			Total			
	Cm	El	Total	Cm	El	Total	Cm	El	Total	Cm	El	Total	Cm	El	Total	Cm	El	Total	Cm	El	Total	Cm	El	Total	
2018	0	2	1	3	1	20	4	25	0	25	4	1	5	0	0	0	5				0		0	33	
2017	0	3		3		16		16	0	16		1	1	0	0	0	1	3			0		0	25	
2016	0	1	1	1	28	2	30	32	1	2	2		2	0	0	0	2				1	1	2	39	
2015	0	4	1	5	1	27	1	29	1	30	1	1		0	0	0	1	4			0		0	42	
2014	1	1	2	3	1	26	1	34	1	35		0	1	1	1	2	2	2			1		0	45	
2013	0			0	1	19	2	22	1	23		0	0	0	0	0	0						1	27	
2012	1	1	1	1	1	19	4	24	0	24	1	2	3	0	1	2	5			1	1	0	32		
2011	1	1	1	1	22	2	24	0	24			0	0	0	1	1	1			1	1	0	29		
2010	0	1	1	1	16	1	17	0	17			0	0	0	0	0	0	1				0	19		
2009	1	1	1	1	1	8	3	12	0	12		0	0	0	0	0	0	1			1	0	16		
2008	1	1	0	0	3	1	4	0	4			0	0	0	0	0	0					0	5		
2007	0	0	0	0	3	1	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0						7		
2006	0			0		1			0	2	3		3	0	0	0	3				1	2	7		
2005	1	1	1	1		1			0	1		0	0	0	0	0	0	1				1	6		
2004	0	3	3	0		0	0	0	0	0	1	1		0	0	0	1				1	1	5		
2003	0	1	1	0				0	1	1		0	0	0	0	0	0	2				1	6		
2002	0	0	0	0				0	0	0				1	1	0	1	2				0	6		
2001	0	1	1	1		1		1	0	1	1	1	1	1	1	0	2					0	4		
Total	3	4	7	19	3	25	5	189	3	251	4	4	17	3	3	2	2	4	16	1	13	1	31	352	



MISE EN QUARANTAINE

I. A l'arrivée


- Examen clinique
- Pesée, mesures (LD et LC)
- Photographies : profils, carapace et écailles préfrontales
- Prélèvement de selles pour coproscopie et bactériologie
- Prélèvement de sang pour analyse B12 et NF
- Prélèvement de peau pour analyses génétique et isotopique
- Prélèvement de carapace (Biopsy punch) pour analyse isotopique
- Écouvillonnage carapace pour bactériologie et mycologie
- Isolement dans un bac quarantaine du CDS

II. Traitements préventifs

- **Troïvit** : 1ml / 25kg (IM) pour un apport en vitamines ADE
- **Ornipural** : 1ml / 10kg pendant 5 jours (IM) pour stimuler l'appétit
- **Forcyl** : 1ml / 10kg tous les 3 jours pendant 20 jours antibiotique
- Bain d'eau douce pour réhydrater
- **Déparasitage externe** :
 - Bain Halamid** : 15g/ 1000l pendant 1h
- **Déparasitage interne** en fonction des résultats de la PS et de l'ancienneté du dernier traitement similaire :
 - Cestocur** : 1ml / kg sur 3 jours pendant 3 jours (PO)
 - Panacur** : 1 tube / 80kg 2 fois à 3 semaines d'intervalle (PO)
 - Flagyl 4%** : 1,5ml / kg 2 fois à 3 jours d'intervalle (PO)
- **Réduction de la douleur et des inflammations** :
 - Métacam Bovin (pour les Cm, Ei et Lo)** : 0,1ml / 10kg tous les 2 jours pendant 10 jours (IM)
 - Kétofen (pour les Cc)** : 0,2ml / 10kg tous les 3 jours pendant 15 jours (IM)

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		2		3		4		5		6		7	
8		9		10		11		12		13		14	
15		16		17		18		19		20		21	
22		23		24		25		26		27		28	
29		30		31		32		33		34		35	
36		37		38		39		40		41		42	
43		44		45		46		47		48		49	
50		51		52		53		54		55		56	
57		58		59		60		61		62		63	
64		65		66		67		68		69		70	
71		72		73		74		75		76		77	
78		79		80		81		82		83		84	
85		86		87		88		89		90		91	
92		93		94		95		96		97		98	
99		100		101		102		103		104		105	
106		107		108		109		110		111		112	
113		114		115		116		117		118		119	
120		121		122		123		124		125		126	
127		128		129		130		131		132		133	
134		135		136		137		138		139		140	
141		142		143		144		145		146		147	
148		149		150		151		152		153		154	
155		156		157		158		159		160		161	
162		163		164		165		166		167		168	
169		170		171		172		173		174		175	
176		177		178		179		180		181		182	
183		184		185		186		187		188		189	
190		191		192		193		194		195		196	
197		198		199		200		201		202		203	
204		205		206		207		208		209		210	
211		212		213		214		215		216		217	
218		219		220		221		222		223		224	
225		226		227		228		229		230		231	
232		233		234		235		236		237		238	
239		240		241		242		243		244		245	
246		247		248		249		250		251		252	
253		254		255		256		257		258		259	
260		261		262		263		264		265		266	
267		268		269		270		271		272		273	
274		275		276		277		278		279		280	
281		282		283		284		285		286		287	
288		289		290		291		292		293		294	
295		296		297		298		299		300		301	
302		303		304		305		306		307		308	
309		310		311		312		313		314		315	
316		317		318		319		320		321		322	
323		324		325		326		327		328		329	
330		331		332		333		334		335		336	
337		338		339		340		341		342		343	
344		345		346		347		348		349		350	
351		352		353		354		355		356		357	

Annexe 6: Organisation de la base de données du CDS <http://soins-kelonia.org> (© Kélonia 2019)


Centre de Soins

Tortues

Inventaire

Activités

Mesure

Allimentation

Pathologie - Traitement

Opération

Nécropsie

Ponte

Analyses

Gestion

Rapports

Utilisateurs

Tables de ressources

571

Toutes les tortues

Voir plus

121

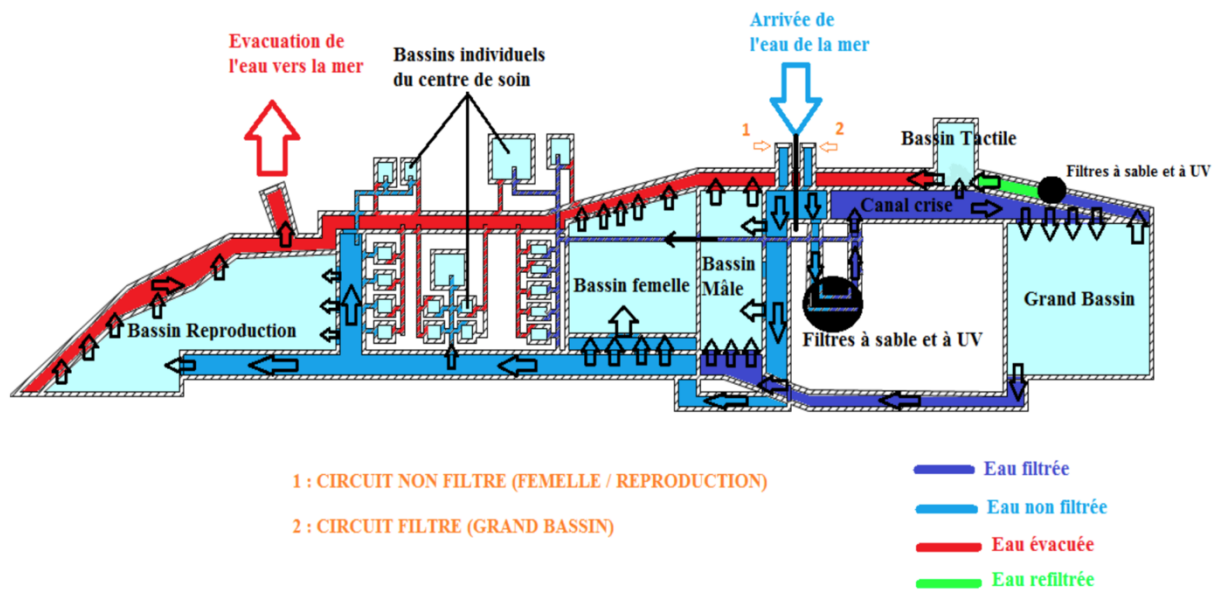
Tortues femelles

Voir plus

Liste des Tortues

Nom	Espèce	Bague	Sexe	Stade	Emplacement	Symptômes
002991	Chelonia mydas		Femelle	Juvenile	Congélateur	
1-M18	Chelonia mydas		Inconnu	Juvenile	Caisse juvéniles	
1-M34	Chelonia mydas		Inconnu	Juvenile	Caisse juvéniles	
10-2-M43	Chelonia mydas		Inconnu	Juvenile	Caisse juvéniles	
10-M27	Chelonia mydas		Inconnu	Juvenile	Caisse juvéniles	
11-3-M44	Chelonia mydas		Inconnu	Juvenile	Caisse juvéniles	
11-M28	Chelonia mydas		Inconnu	Juvenile	Caisse juvéniles	
12-4-M45	Chelonia mydas		Inconnu	Juvenile	Caisse juvéniles	
12-M29	Chelonia mydas		Inconnu	Juvenile		

Annexe 7: Système d'eau simplifié des bassins de Kélonia (© Benoît Cruciani à partir de la comparaison des plans théoriques établis par COUTANT AQUARIUMS et des observations sur le site)



VETORUN

1, Allée de la Desserte ZI n° 2 97410 Saint Pierre
Tél : 02.62.96.36.34

RESULTATS D'ANALYSE KELONIA 2019 05 18

Page 1/4

Nom du client : SPL RMR PAVILLON LALEU-KELONIA
Adresse : 6 Allée des Flamboyants 97424 Le Piton Saint Leu
Tel : 0262.34.81.10

Date de demande d'analyse : 09.05.2019
Date de début d'analyse : 09.05.2019
Date des résultats : 18.05.2019

Nom du vétérinaire : Dr SCHNEIDER – Dr RAGE

Types de prélèvement :

1. Eau bac des bébés
2. Eau de la sortie d'eau du bac des bébés
3. Eau du canal crise

BACTERIOLOGIE

1. EAU BAC DES BEBES

Recherche de Colibacilles : Négative
Identification des colibacilles : Négative
Autres bactéries : Acinetobacter baumannii et Staphylococcus spp

2. EAU DE LA SORTIE D'EAU DU BAC DES BEBES

Recherche de Colibacilles : Négative
Identification des colibacilles : Négative
Autres bactéries : Suspicion Vibrio spp (Souche non identifiable car envahissement de proteus)

3. EAU DU CANAL CRISE

Recherche de Colibacilles : Négative
Identification des colibacilles : Négative
Autres bactéries : Suspicion Vibrio spp (Souche non identifiable car envahissement de proteus)

VETORUN

1, Allée de la Desserte ZI n° 2 97410 Saint Pierre
Tél : 02.62.96.36.34

RESULTATS D'ANALYSE KELONIA 2019 05 18

Page 2/4

ANTIBIOGRAMME: Acinetobacter baumannii

Antibiotiques	Diamètre de résistance (mm)	Diamètre de sensibilité (mm)	Charge de la pastille	Diamètre obtenu	Résultat
Céfalexine	< 12	> 18	30µg	13	I
Tétracycline	< 17	> 19	30 UI	23	S
Triméthoprim-Sulfa	< 10	> 16	1,25 + 23,75 µg	27	S
Florfenicol	< 13	> 19	30 UI	30	S
Gentamicine	<11	>17	500 µg	33	S
Colistine		> 15	10 µg	21	S
Enrofloxacin	< 17	> 22	5 µg	30	S
Tylosine	< 13	> 18	30 µg	10	R
Marbofloxacin	<14	>18	5 µg	31	S
Penicilline G	<8	>29	10 UI	15	I
Ampicilline	<11	>17	10 µg	22	S
Amoxicilline	< 14	> 21	25 µg	25	S
Doxycycline	< 17	> 19	30 UI	28	S
Ceftiofur	<17	>21	30 µg	25	S
Streptomycine	<12	>14	500µg	30	S
Tulathromycine	< 14	> 18	30 µg	20	S

Docteur Vétérinaire :

VETORUN

1, Allée de la Desserte ZI n° 2 97410 Saint Pierre
Tél : 02.62.96.36.34

RESULTATS D'ANALYSE KELONIA 2019 05 18

Page 3/4

ANTIBIOGRAMME: Staphylococcus spp

Antibiotiques	Diamètre de résistance (mm)	Diamètre de sensibilité (mm)	Charge de la pastille	Diamètre obtenu	Résultat
Céfalexine	< 12	> 18	30µg	31	S
Tétracycline	< 17	> 19	30 UI	30	S
Triméthoprim-Sulfa	< 10	> 16	1,25 + 23,75 µg	30	S
Florfenicol	< 13	> 19	30 UI	32	S
Gentamicine	<11	>17	500 µg	31	S
Colistine		> 15	10 µg	16	S
Enrofloxacin	< 17	> 22	5 µg	25	S
Tylosine	< 13	> 18	30 µg	23	S
Marbofloxacin	<14	>18	5 µg	25	S
Penicilline G	<8	>29	10 UI	38	S
Ampicilline	<11	>17	10 µg	35	S
Amoxycilline	< 14	> 21	25 µg	40	S
Doxycycline	< 17	> 19	30 UI	30	S
Ceftiofur	<17	>21	30 µg	30	S
Streptomycine	<12	>14	500µg	27	S
Tulathromycine	< 14	> 18	30 µg	19	S

Docteur Vétérinaire :

VETORUN

1, Allée de la Desserte ZI n° 2 97410 Saint Pierre
Tél : 02.62.96.36.34

RESULTATS D'ANALYSE KELONIA 2019 05 18

Page 4/4

ANTIBIOGRAMME: *Suspicion Vibrio spp* (Souche non identifiable car envahissement de proteus)

Antibiotiques	Diamètre de résistance (mm)	Diamètre de sensibilité (mm)	Charge de la pastille	Diamètre obtenu	Résultat
Céfalexine	< 12	> 18	30µg	13	I
Tétracycline	< 17	> 19	30 UI	25	S
Triméthoprim-Sulfa	< 10	> 16	1,25 + 23,75 µg	25	S
Florfenicol	< 13	> 19	30 UI	23	S
Gentamicine	<11	>17	500 µg	25	S
Colistine		> 15	10 µg	12	R
Enrofloxacin	< 17	> 22	5 µg	20	I
Tylosine	< 13	> 18	30 µg	0	R
Marbofloxacin	<14	>18	5 µg	23	S
Penicilline G	<8	>29	10 UI	0	R
Ampicilline	<11	>17	10 µg	0	R
Amoxicilline	< 14	> 21	25 µg	8	R
Doxycycline	< 17	> 19	30 UI	23	S
Ceftiofur	<17	>21	30 µg	23	S
Streptomycine	<12	>14	500µg	21	S
Tulathromycine	< 14	> 18	30 µg	10	R

Docteur Vétérinaire :

*Annexe 9: Recette d'alimentation pour les nouveau-nés sous forme de mixture (gruel) ou de gel
(©book : Sea Turtle Health and Rehabilitation)*

Table 36.1 Gruel recipes appropriate for tube feeding of hatchlings and wash backs (see also Appendix 2 for commercial formulas).

Turtle Hatchling/Wash Back Gruel Formula 1*	
Trout chow	125 g
Fish (capelin, smelt)	180 g
Peeled shrimp	100 g
Spinach	36 g
Carrots	36 g
Sea Tab or other multi-vitamin	500 mg
Amino Acid Complex 1000	500 mg
+/- Spirulina	7 gm
Rep-Cal w/ Vit. D3 (No phosphorus)	45 g
Water	700 ml
Approximate volume	1000 ml
Blend well and place in refrigerator. Can store in refrigerator for a maximum of 24 hours.	
Turtle Hatchling/Wash Back Gruel Formula 2	
Capelin	100 g
Silversides	100 g
Krill	60 g
Mixed vegetable or garden vegetable baby food	1 jar
Menhaden oil	1 teaspoon
Blend well and add Pedialyte or other electrolyte solution as needed for consistency. Refrigerate and use within 24 hours.	

*Formula 1 is modified from Stamper and Whitaker 1994.

Table 36.2 Gel recipes appropriate for feeding hatchlings and wash backs (see also Appendix 3).

Turtle Hatchling/Wash Back Gel Diet Recipe 1*	
Trout chow	200 g
Fish (capelin, smelt)	150 g
Peeled shrimp	100 g
Mazuri Omnivore Aquatic Gel Diet	616 g
Rep-Cal w/ Vit. D3 (no phosphorus)	90 g
Plain gelatin	124 g
Hot water	1220 ml
Approximate volume	2500 ml
Mix this recipe and gel and divide into several small trays. Allow to solidify overnight in refrigerator.	
Turtle Hatchling/Wash Back Gel Diet Recipe 2	
Capelin	250 g
Squid	250 g
Krill	0.25 block
Mixed vegetable or garden vegetable baby food	3 jars
Plain gelatin	1 pack
Romaine lettuce	3 leaves
Large multi-vitamin	1 tablet
Blend well and add Pedialyte or other electrolyte solution as needed for consistency. Pour into ice cube trays, cover with aluminum foil, and place in refrigerator overnight.	

*Gel diet recipe 1 is modified from Stamper and Whitaker 1994.

Appendix 3 Sea Turtle Hatchling Gelatin Diet (Modified from Bluvias and Eckert 2010).

Ingredients	Amount
Trout chow (AquaMax, Purina Mills, Gray Summit, MO)*	426 g
Cod (filet pieces)	71 g
Haddock (filet pieces)	71 g
Whiting (filet pieces)	71 g
Smelt (whole pieces)	71 g
Squid (pens removed)	170 g
Shrimp (shell on)	170 g
Broccoli or bok choy (fresh leaves)	142 g
Carrots (fresh)	142 g
Pet-Cal Vitamin Supplement (Pfizer, New York, NY)	8 tablets, crushed
Sea Tabs (Pacific Research Labm Inc, El Cajon, CA)	15 tablets, crushed
Gelatin (unflavored)	227 g
Water	750-1000 ml
*40% protein, 10% fat	

Bluvias, J.E., and K.L. Eckert. 2010. *Marine Turtle Trauma Response Procedures: A Husbandry Manual*, Wider Caribbean Sea Turtle Conservation Network (WIDECAST) Technical Report No. 10. Ballwin, Missouri, 100 pp.

*Annexe 10: Tableau permettant le suivi alimentaire des nouveau-nés, mis en place au CDS de Kélonia
en avril 2019*

• ALIMENTATION : SEMAINE DU

N° BAC	BB Cm 2019	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE	Remarques
BAC 1	P10 : V3	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
	P8 : 6V	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
BAC 2	P9 : CD4	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
	P3 : V2	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
	P14 : CD1	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
BAC 3	P5 : CG1	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
	P4 : V1	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
	P13 : CG2	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
BAC 4	P11 : CD3	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
	P12 : CG4	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
BAC 5	P7 : 7V	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
	P6 : CD2	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
BAC 6	P1 : CG3	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	
	P2 : Trou carapace	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	8 10 12 14 16	

Annexe 11: Tableaux permettant d'évaluer le bien-être des tortues marine, adaptés aux nouveau-nés de Kélonia (©Traduit d'Arena et al, 2014)

Tableau 1 : Signes de bien-être et quiétude lors d'observations directes des 14 tortues marines nouveau-nés du centre de soins Kélonia selon les recommandations WSPA (Word Society for the Protection of Animals)

Comportement	Signes	Fréquence
Comportement d'exploration	Exploration de l'environnement	Commune
Alimentation au repos	Prise alimentaire calme	Commune

Tableau 2 : Signes de comportement négatif et de stress lors d'observations directes des 14 tortues marines nouveau-nés du centre de soins Kélonia selon les recommandations WSPA

Signes	Étiologie	Nombres de tortues évaluées	Nombre de tortues présentant des signes (%)	Prévalence observée
Hyperactivité	1,2,3,7	14	0	Aucune
Mouvement corporel rapide (locomotion saccadée)	1,2,4,5	14	3 (21,4%)	Fréquente
Exploration des bordures (nage persistante contre les bordures)	1,2,3,7	14	7 (50%)	Commune
Agrégation des animaux à la surface de l'eau	1,2,3,6,7	14	0	Aucune
Appréhension (les animaux évitent les approches des soigneurs)	1,2,3,7	14	5 (35,7%)	Commune
Agression et cannibalisme (morsures et attaques entre elles)	1,2,3,7	14	6 (42,9%)	Commune

Étiologie : 1 = stress, 2 = surpeuplement, 3 = environnements trop restrictifs et inappropriés, 4 = souvent liés à la peur, à la défense et au comportement d'évasion, 5 = environnements exposés, déficients et inappropriés, 6 = faim, 7 = auto-aggravation et destructeur

Prévalence : Rare : 1-5% ; Occasionnelle : >5-20% ; Fréquente= >20-35% ; Commune : >35-50% ; Très commune : >50%

CENTRE DE SOINS DE KELONIA
FEUILLE DE DONNÉES POUR NÉCROPSIE



Espèce : _____ ID# : _____ Date Collection : _____ Date Nécropsie : _____
Site de Collection : _____
Histoire : _____ STADE (Juv/Ad) : _____ SEXE (M/F/U) : _____
Poids : _____ (kg) LD : _____ (cm) LCC : _____ (cm)

ÉTAT D'EMBOPOINT : Gros, Normal, Cachexie

CONDITION POST-MORTEM: Fraîchement mort, mort la veille, mort il y a plus de deux jours, congelé

EXAMEN EXTERNE : RAS, Lésion traumatique, lésion cutanée, lésion carapace, membre amputé, parasite externe, malformation

MUSCULO-SQUELETTAL : muscle pectoral : RAS, amyotrophie, fibrose; Couleur muscle : normal, anormal
Épaisseur graisse : RAS, importante, peu ; Consistance graisse : ferme, mou, comme de la gélatine;
Squelette : RAS, fracture, arthrite, malformation ; Cavité corporelle : beaucoup, peu, aucun liquide

TRACHÉE : Aspect externe : normal, anormal ; Contenu : normal, mousse, pus, liquide séro-hémorragique ;
Muqueuse : RAS, hémorragique

ŒSOPHAGE : État : normal, anormal ; Muqueuse : normale, anormale, ulcérée, lésion traumatique ; Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté. Contenu :

CAVITE BUCCALE : État : normal, anormal ; Muqueuse : normale, anormale, ulcérée ; lésion : traumatique, infectieuse

JABOT : État : normal, épais ; Ulcère : oui, non; Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté / beige, rouge, jaune, noir, brun. Contenus?

ESTOMAC : État : normal, anormal ; Muqueuse : lisse, rugueuse ; Nodules : oui, non ; Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté / beige, rouge, jaune, noir, brun. Contenus?

CŒUR : État : normal, anormal ; Surface : lisse, rugueuse, granuleuse, plissée; Consistance : ferme, friable ;
Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté / rouge, noir, brun, pourpre, beige, jaune

FOIE : État : normal, anormal ; Surface : lisse, rugueuse, granuleuse, plissée ; Consistance : ferme, friable ;
Nodules : oui, non ; Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté / rouge, noir, brun, pourpre, beige, jaune ;
Stéatose : oui, non

RATE : État : normal, anormal ; Surface : lisse, rugueuse, granuleuse, plissée ; Consistance : ferme, molle ;
Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté / brun, beige, rouge, noir, brun, jaune

REINS : État : normal, anormal ; Surface : lisse, rugueuse; Consistance : ferme, molle; Nodules : oui, non ;
Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté / brun, beige, rouge, noir, brun, jaune ; Calcul : oui, non



GONADES : État : normal, anormal ; Sexe : Male, Femelle


VESSIE : État : normal, anormal ; Aspect urine : normal, anormal ; Calcul : oui, non

BRONCHES : État : normal, anormal ; Contenu : RAS, pus, mousse, liquide séro-hémorragique

POUMONS : État : normal, anormal ; Surface : lisse, rugueuse, granuleuse, plissée ; Consistance : ferme, friable, spongieuse; Nodules : oui, non ; Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté / rose, beige, jaune, gris, rouge, brun

INTESTINS : État : normal, anormal ; Muqueuse : lisse, rugueuse ; Nodules : oui, non; Couleur : normale, anormale / homogène, tacheté / beige, rouge, jaune, noir, brun. Contenus?








l'observatoire des tortues marines

FICHE IDENTITE TORTUE

PHOTO-IDENTIFICATION



Profil Gauche : 115 125 136 146 215 226 235 246 256 266 314
327 336 345 357 365



Profil Droit : 115 126 136 145 215 224 235 245 255 264 277 314
327 334 345 357 367 414 424 435 444 455

Nom de la tortue : I13

Parrain : Barbara Dusseiller

Caractéristiques individuelles

Espèce : Chelonia mydas - Tortue verte (franche)

Sexe : Juvénile

Longueur curviligne (cm) : -


N° génétique :

Marquage :

Bague gauche :

Bague droite :

Transpondeur :



Liste des observations

Photo Identification

Date	Profil Gauche	Profil Droit
05/04/2018		X
17/11/2017	X	
20/10/2017	X	
03/09/2017	X	X
12/04/2017	X	X
30/03/2017	X	X
06/02/2017	X	X
24/02/2015	X	X

Marquage / relecture


Aucune donnée.

Ponte

Aucune donnée.

Émergence

Aucune donnée.



Toulouse, 2019

NOM : HEBRARD PRENOM : Laura

TITRE : PRISE EN CHARGE DES NOUVEAU-NES DE TORTUES MARINES RETROUVES BLESSES OU DEFORMES LORS DE L'EXCAVATION DES NIDS A LA REUNION

Résumé : Actuellement, les tortues vertes sont en danger critique d'extinction et sont inscrites sur la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature. Sur l'île de la Réunion, uniquement deux tortues vertes viennent pondre alors qu'elles étaient très nombreuses au XVI^{ème} siècle. De ce fait, les équipes de Kélonia (un centre de recherche et de soins consacré aux tortues marines situé sur l'île de la Réunion) et du CEDTM (Centre d'Étude et de Découverte des Tortues Marines) surveillent les nids lorsque ces tortues viennent pondre afin de récupérer et soigner les nouveau-nés blessés ou déformés après éclosion. Ces tortues vont être élevées en captivité au centre Kélonia puis relâchées dès lors que leur état de santé le permet. Pour cela, il est important que leur prise en charge et conditions de vie en captivité soient optimales. Le but du présent travail de thèse est de réaliser un état des lieux du protocole de soins et des paramètres environnementaux utilisés au centre Kélonia, ainsi qu'une étude rétrospective sur les agents infectieux retrouvés chez les tortues nouveau-nées du centre. Les données récoltées sont comparées à celles de la littérature afin d'identifier d'éventuels axes d'amélioration à développer. Pour finir, le présent travail a permis de mettre en évidence qu'une part importante de tortues soignées a été relâchée, ce qui est encourageant pour la sauvegarde de l'espèce.

MOTS-CLES : *CHELONIA MYDAS*, EXCAVATION, NOUVEAU-NES, ILE DE LA REUNION, REPTILE, CONSERVATION

TITLE: MANAGEMENT OF WOUNDED OR DEFORMED SEA TURTLE HATCHLINGS FOUND DURING NEST EXCAVATION ON THE REUNION ISLAND

Abstract: Currently, green turtles are critically endangered and are listed on the International Union for the Conservation of Nature's Red List of Threatened Species. On the Reunion Island, only two green turtles come to lay while they were plenty in the sixteenth century. As a consequence, the teams of Kélonia (a medical and research center dedicated to sea turtles, located on the Reunion island) and CEDTM (Center of Study and Discovery of sea turtles) monitor the nests during the laying period in order to provide care for wounded or deformed newborns after hatchling. These turtles will be bred in captivity at Kélonia and released as soon as their health will allow it. In this context, care and living conditions in captivity must be optimal. The aim of this thesis work is to produce a comprehensive update on care and environmental practices used at Kelonia, and to carry out a retrospective study on the infectious agents found in newborn turtles treated at the center. The collected data are compared with those of the literature in order to identify possible areas of improvement. Finally, this study shows that a significant number of turtles have been released, which is encouraging for the conservation of the species.

KEY-WORDS: *CHELONIA MYDAS*, EXCAVATION, HATCHLINGS, REUNION ISLAND, REPTILE, CONSERVATION